

СЪДЪРЖАНИЕ

Автоматика

Модели на интелигентно поведение на крачещ робот при движение по наклони и стълби <i>Р. Трифонов, Г. Павлова, И. Павлов</i>	3
Моделиране на енергоконсумацията за размразяване на свободната вода в облаци гървени материали <i>Н. Делийски, Н. Тумбаркова</i>	9
Управление на някои процеси при биологично пречистване на отпадатни води <i>К. Бошнаков, Ч. Ли, А. Фан</i>	14
Фотоволтаична централа като допълнителен източник на електрическа енергия <i>А. Ангелов, Н. Шакев, Г. Ганев</i>	18
Разпознаване на токсични зони в неправилно съхранявани млечни продукти <i>М. Младенов</i>	24

Информатика

Обработка на бази с биометрични и медицински данни <i>М. Стоева, В. Божикова, Г. Кунев</i>	29
Приложение на IBM платформата Watson интернет на нещата <i>А. Атанасов</i>	34

Индустриална информатика

Интелигентен подход за оптимално планиране на операциите в мебелно производство <i>Й. Белев, И. Бачкова, Г. Попов</i>	39
--	----

Новости, информация, общество

Международна конференция „Автоматика и информатика 2017“ <i>М. Хаджийски</i>	44
Четвърта международна конференция „Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering – BdkCSE‘2017“ <i>Р. Андреев</i>	45

АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

Издател **Съюз по автоматика и информатика "Джон Атанасов" (САИ)**

Издателски съвет

Председател – В. Ангелов
В. Андреев, Д. Баев,
Ю. Божков, Ж. Драгов,
Т. Пензов, Н. Петков,
В. Славков

Редакционна колегия

Главен редактор – М. Хаджийски
Научни секретари – Н. Христова
А. Грънчарова

Отговорни редактори
Автоматика
Е. Николов, И. Симеонов
Информатика
В. Спиридонов, Т. Стоилов
Постижения и приложения
К. Алексиев, Ч. Дамянов
Обучение и квалификация
Е. Гарипов, Е. Шойкова
Новости, информация, общество
К. Йонов, И. Куртев

Членове
К. Бошнаков, П. Венков,
И. Ганчев, Н. Делийски,
Л. Дуковска, П. Копринкова,
М. Лазарова, Г. Менгов,
М. Младенов, Т. Ненов,
Т. Нешков, Д. Пенев,
М. Петров, П. Русков,
А. Смрикаров, Г. Спасов,
А. Топалов, Ф. Филипов

Редактори Е. Димитрова, М. Доцинска

Предпечатна подготовка Мина Ядкова

Броят е отпечатан през 2018 г.

Адрес на редакцията

ул. "Раковски" 108 ст.,
1000 София
413 и 413А
тел.: (02)987 61 69
e-mail: sai.bg.office@gmail.com
www.sai.bg

ISSN 0861-7562



Бележки на главния редактор

Уважаеми читатели,

Тържественото честване на 50-та годишнина на сп. „Автоматика и информатика“ показва, че списанието е един от главните темели на нашата общност – Съюза по автоматика и информатика. Несъмнено е, че списанието винаги е имало, има и, надявам се, ще има голямо влияние върху нашата общност – с минало, с престиж, с чувство за приобщеност.

Бурното развитие на междуличностните комуникации през последното десетилетие, на което не останаха чужди и членовете на нашата общност, ни подсказва, че списанието също следва да се превърне постепенно в активен комуникационен компонент за всеки от нас. То може да придобие характер на мрежа от хора, които в определени, особено професионални аспекти принадлежат към общ информационен клъстер.

Нашите цели в близките години биха били да разширяваме тази мрежа, да увеличим значително интензивността на комуникация, да внасяме в мрежата информация, която е актуална, дискусийна и многоаспектна – не само техническа, но и организационна, социална, икономическа, свързана с морал и етика. Подобно разширяване на тематиката в списанието става неотложна задача във връзка с проблемите, които възникват с бурното развитие на технологиите, изкуствения интелект, глобализацията, мястото на малките страни в световните иновационни процеси. Такива са например взаимоотношенията „човек – машина“, социалните проблеми на тоталната роботизация, етичните проблеми на използването на съвременните постижения във военното дело, медицината, финансовата сфера.

Списанието има съвсем други задачи от тези на информационните гиганти Гугъл, Амазон, Фейсбук, защото ще се фокусира върху по-специализирани информационни области, интересни за колегията. Ще се поднася достоверна информация, макар може би хипотетична и дискусийна; ще се предоставя възможност на читателската аудитория да изразява лично информирано мнение и така да влияе върху хода на нещата в цялостната дейност на САИ, ще се укрепва чувството за принадлежност и съпричастност към нашата професионална общност.

Усилията на САИ за създаване на нов сайт могат да се превърнат в реалистична основа за изграждане на тази информационна мрежа. Конкретните форми на комуникация могат да бъдат дискусийни статии, блогове, отговори на поставени въпроси, преводи на чужди материали с подходяща насоченост.

Разширяването на комуникацията „списание – читател“ и „читател – читател“ е действителна потребност, белег на съвременната информационна ера, която не можем да си позволим да пренебрегваме.

Главен редактор
Акад. г.т.н. Минчо Хаджийски

Моделни на интелигентно поведение на крачещ робот при движение по наклони и стълби

Р. Трифонов, Г. Павлова, И. Павлов

Увод

Мобилните роботи са изключително динамично развиващо се направление, а краченето е едно от най-сложните средства за реализиране на механично движение по повърхността на земята. Същевременно то осигурява много предимства. Неговите адаптивни възможности към сложни (недетерминирани) терени с препятствия са безспорни, особено когато стъпалата, краката и тялото (както е при животните) притежават голям брой степени на свобода (DOF).

Известно е, че придвижването на крачещите роботи от едно място до друго се реализира като интегрален ефект от движението на краката и тялото. Налице са примери при животни роботи когато движението се реализира само от тялото (пълзене при хора и животни, влечуги, съответно змиевидни роботи [1] [2]) или само от краката (костенурки, насекоми и техни аналози роботи [3] [4] [5] [6]).

Използването на крака е свързано със създаването на аналози на животни, влечуги и насекоми (Biological Inspired Robots) [7, 2]. Днешните постижения на роботите от този клас са все още далеч от своите живи аналози. Отстъпват по всичките основни системи: механична, енергийнозахранваща, сензорна и управляваща. Механичната система има сравнително ограничени степени на свобода, което намалява адаптивността към терена и към предметите, с които си взаимодейства. Използваните конвенционални енергийнозахранващи и двигателни устройства ограничават динамичните характеристики на робота. Сензорите, които се използват за оценка на вътрешното състояние (за диагностика), за възприемане и определяне на точната характеристика на средата, в която се реализира движението, са много по вид и близки по идеи с тези на живите органи и сетива. Получената информация от тях и обработката ѝ често е недостатъчна за вземане на решения в реално време.

Управлението най-често е базирано на детерминирано задание и програмно реализирани кинематични и динамични функции. За конкретни случаи има значителни постижения. В някои случаи използва методите и средствата на изкуствения интелект при вземане на решения. Засега постиженията в обучението и самообучението са скромни. Засега се предпочита използването на предварително изследвани модели и вземане на решение при настъпване на съответната ситуация.

В статията се предлагат физични модели за статично устойчиво движение на шесткрак робот по наклонени терени, напречни и надлъжни, и качване/слизване по стълби, които се избират от управляващо устройство при настъпване на конкретната ситуация, подадена от сензорите за възприемане на външната среда в архитектурата на управляващия блок.

Моделни за подобряване на устойчивостта на движение по наклонени терени и стълби

Осигуряването на интелигентно поведение на робота в конкретни условия в смисъл по-добро устойчиво движение е свързано с използването на елементи на изкуствен интелект. Две са основните условия за вземане на адекватно решение – наличие на достатъчна база данни за робота и необходимите за конкретния модел знания. В случая базата данни се отнася за геометрични размери на тялото и краката на робота. Другата група засяга външната среда – наклони на терена, параметри на стълбите и т.н. Знанията са онези функционални зависимости, които конфигурират робота в по-добра статична устойчивост (защита срещу преобръщане) при движение. Този подход е обоснован за случаи на движение при ниски скорости. При високи се търси динамична устойчивост, което предполага попълване на базата данни с масови и силови параметри, а знанията – със съответните динамични условия за равновесие.

Инженерните решения за крачещи роботи в днешно време са подчинени на минимален, но достатъчен брой управляеми степени на свобода. Устойчивостта на движението, по-конкретно падане и невъзможност за самостоятелно ставане (изправяне) или преобръщане и невъзможност за продължаване на движението (Boston Dynamics има решение за робот, който се преобръща и продължава да се движи, което не е чисто крачене, а крачене тъкаляне чрез шест незатворен кръг еластични крака-колела [8]). Известни са двете равновесни условия, които гарантират устойчивост на движението – динамично и статично (между тях има квазидинамично, съответно квазистатично). Статичното е характерно за роботите с шест и повече крака. При четирикраките роботи статично равновесие може да се получи при достатъчно голяма опорна площ на стъпалата на краката, но не и при точков контакт. При двукраките

роботи са характерни динамичните условия за равновесие (при ниски скорости на движение се ползват и квазидинамичните Honda Asimo [9]).

При съставяне на моделите се вземат предвид трите основни фактори:

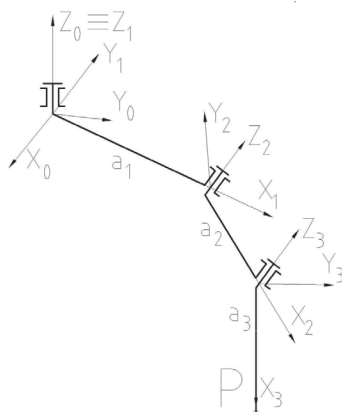
- Роботът реализира пълноценно движение при общо 18 степени на свобода (по 3 за всеки крак).
- Сензорите за наблюдение и възприятие на реалната среда дават информация за наклона и параметрите на стълбите (височина и ширина на стъпалото).
- Архитектурата на управлението взема решения в конкретни условия кой модел да използва за конфигуриране на робота.

База данни за робота и терена за движение

База данни за робота. Краката са еднакви по структура и размери на звената, съответно: $l_1 = 0,020$ [m]; $l_2 = 0,030$ [m]; $l_3 = 0,035$ [m]; граници на изменение на управляемите ъгли: $00 \leq \Theta_1 \leq 180^\circ$; $0^\circ \leq \Theta_2 \leq 180^\circ$; $90^\circ \leq \Theta_3 \leq 180^\circ$. Размери на тялото: най-често тялото е с неправилна геометрична форма, но с достатъчна точност за изследването може да се моделира като призматично и за случая с размери: ширина 0.250 [m], дължина 0.350 [m] и височина (дебелина) 0.040 [m]. Разстояние между краката: по дължина 0.070[m], по ширина 0 [m].

База данни за повърхнините на движение. Предвижда се експериментът да се проведе в лабораторни условия върху дървен плот. По този начин се избягват условия за проникване на краката в терена. Коефициентът на триене е достатъчен, за да не се получава плъзгане (по този критерий ще се определят допустими ъгли за преодоляване). Стълбите са с размери: височина 0.150 [m] и ширина 0.200 [m].

Кинематични и геометрични зависимости на крак за формиране на база знания



Фиг. 1. Кинематична схема на крак с координатни системи във връзките

Програмирането на движението на робота минава през решаване на правата кинематична задача на крак/ата и използването ѝ за избраната походка. На *фиг. 1* е показана кинематичната схема на крак (шестте крака са еднакви и изследването на един е достатъчно).

По метода на Денавит и Хартенберг са поставени координатните системи в кинематичните двойки, а параметрите (постоянни и променливи) са дадени в *таблицата*. Преминването от една към друга координатна система се реализира чрез матрицата T_{ij} , която има вида

$$(1) \quad T_{i,j} = \begin{bmatrix} R_{i,j} & o_{i,j} \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

където $R_{i,j}$ е матрица с размери 3×3 и дефинира ориентацията спрямо система j на координатната система i ; $p_{ij} = [X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij}]^T$ е радиус вектор, който свързва началото на двете координатни системи и $0 = [0 \ 0 \ 0]^T$ е нулева матрица.

Параметри на Денавит и Хартенберг

Номер на звено	Θ	α	d	a
1	Θ_1	90	0	a_1
2	Θ_2	0	0	a_2
3	Θ_3	0	0	a_3

Позицията на крайната точка от крака се определя от следната матрица:

$$(2) \quad T_{03} = T_{01} T_{12} T_{23};$$

$$T_{03} = \begin{bmatrix} c_1 c_{2+3} & -c_1 s_{3-2} & s_1 & a_1 c_1 + a_2 c_1 c_2 + a_3 c_1 c_{2+3} \\ s_1 c_{2+3} & -s_1 s_{3-2} & -c_1 & a_1 s_1 + a_2 s_1 c_2 + a_3 s_1 c_{2+3} \\ s_{2+3} & c_{2+3} & 0 & a_2 s_2 + a_3 s_{2+3} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

където $c_1 = \cos(\Theta_1)$; $c_2 = \cos(\Theta_2)$; $s_1 = \sin(\Theta_1)$; $c_{12} = \cos(\Theta_1 + \Theta_2)$ и т.н., a_i са геометрични параметри и Θ_i са управляемите ъгли. Изразът (2) е решение на правата кинематична задача по позиция, съответно преместване, като се задават стойности на управляемите ъгли. Когато са необходими скорости и ускорения, се търсят частни производни на (2) и стойностите на управляемите скорости, съответно ускорения.

Решаване на обратната кинематична задача. Знае се къде трябва да стъпи кракът и се определят стойности на управляемите ъгли от следните зависимости:

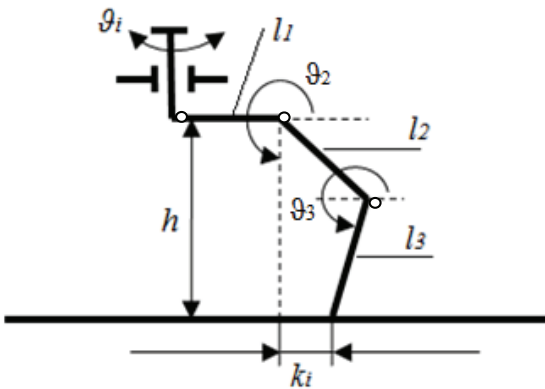
$$(3) \quad \theta_1 = \arctan\left(\frac{x}{y}\right);$$

$$(4) \quad \theta_2 = \arctan\left(\frac{a_3 \sin(\theta_3)}{a_2 + a_3 \cos(\theta_3)}\right) + \arcsin\left(\frac{z}{\sqrt{(a_2 + a_3 \cos(\theta_3))^2 + a_3^2 \sin^2(\theta_3)}}\right)$$

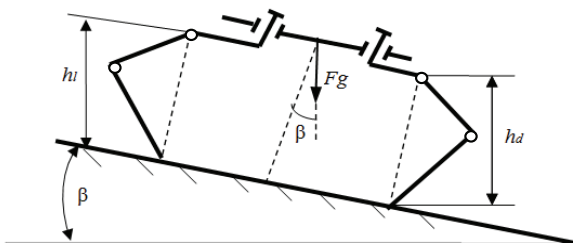
$$(5) \theta_3 = -\arccos\left(\frac{\left(\frac{x}{\cos(\theta_1)} - a_1\right)^2 + z^2 - a_2^2 - a_3^2}{2a_2a_3}\right)$$

където x , y и z са декартовите координати на крайната точка на крака X_0, Y_0, Z_0 . Тези изрази не водят до еднозначни решения и трябва да се определи в коя част от работната зона се намира кракът.

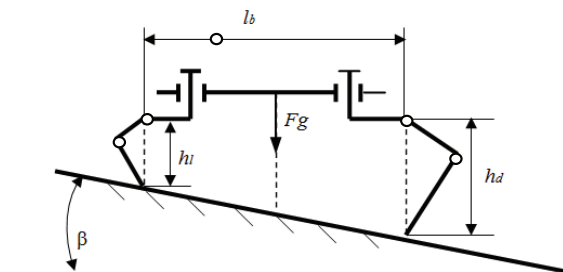
При движение на робота по наклонени терени (фиг. 3 – надлъжен, и фиг. 4 – напречен) и качване на стълби (фиг. 5) е целесъобразно да се променя височината на краката (фиг. 2) за създаване на по-устойчиво движение. Наклони над определена стойност могат да предизвикат обръщане (катурване) на робота.



Фиг. 2 Базови геометрични еазмери на крака при движение

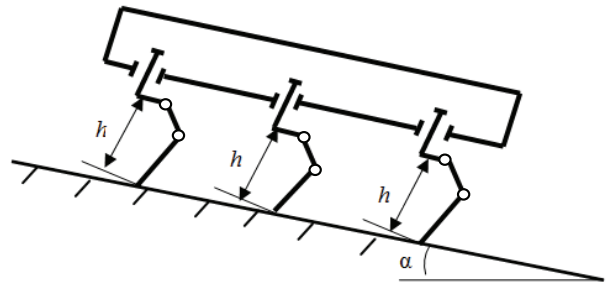


а) $h_i = h_a$

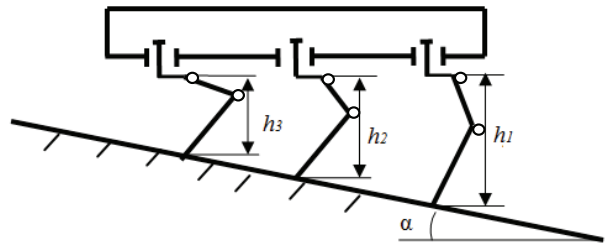


б) $h_i < h_a$

Фиг. 3. Движение по надлъжен (страничен) наклон: а) при еднаква височина на краката; б) с променлива

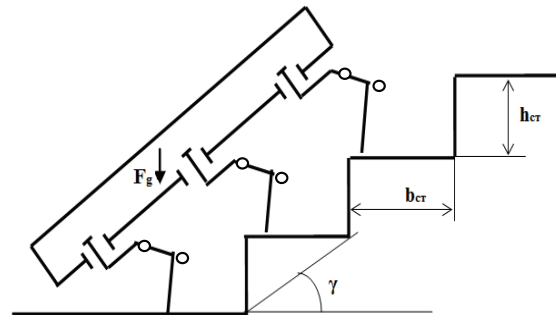


а) $h_1 = h_2 = h_3 = h$

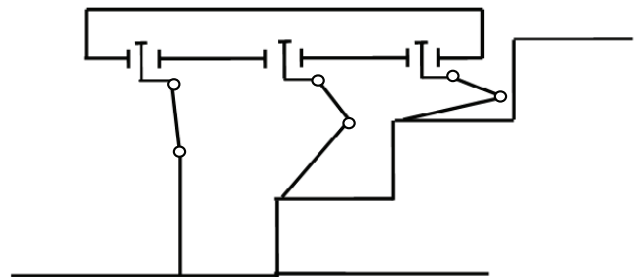


б) $h_1 > h_2 > h_3$

Фиг. 4. Движение по напречен наклон: а) при еднаква височина на краката; б) с променлива



а) при еднаква височина на краката



б) с променлива

Фиг. 5. Качване на стълби

При тези постановки се приема, че коефициентът на триене между контактните стъпала и грунда е достатъчен (или са взети други мерки), за да не се получава странично, съответно напред/назад хлъзгане. Поведението на робота, по-точно височината на съответните групи крака, позволява да се намали значително негативният ефект.

Височината на краката (фиг. 2) се определят съобразно наклона

$$(6) \quad \begin{aligned} h &= l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos \theta_3 \\ k_i &= l_2 \sin \theta_2 - l_3 \sin \theta_3. \end{aligned}$$

Зависимостите (6) се отнасят за конкретната структура на краката (фиг. 1), но биха могли да се изчисляват и за други. Същият подход е приложим и за странични наклони

$$(7) \quad h_l = h_g - (m + k_l + k_g) \sin \beta.$$

При качване на стълби с наклон α се получава

$$(8) \quad h_2 = h_1 - (l_1 + k) \sin \alpha.$$

Този израз се отнася за двойка крака от противоположната страна, т.е. походката трябва да бъде 2 + 2 + 2.

Геометричните зависимости за височината на краката се залагат в програмата за управление като съответни модели и когато сензорите подадат информация за наличие на конкретна ситуация, се коригира съответната височина на краката.

Архитектура за управление на робот с интелигентно поведение

Ако се разгледа архитектурата на робот в по-широк план, трябва да се представи структурата и геометрията на механичната система, която осигурява движенията по видове, стойности, взаимно разположение, кинематични и динамични възможности. В случая става дума как могат да се осигурят адаптивни възможности при налични движения на краката и робота като цяло при гарантиране на статично устойчиво движение по наклони и стълби. Впоследствие се предвижда и устойчиво движение при частична загуба на мобилност на крак/а [5]. Това предполага най-напред избор на типа на походката. За роботите с шест крака те са: Tripod Gait – три опорни и три повдигнати крака (3+3), които се сменят перманентно; Ripple Gait – повдигнати два от противоположната страна и последователно редуване (2+2+2); Wave Gait – последователно изреждане на краката (по изключение последователността може да бъде нарушена).

Когато движението се реализира в нормални условия (равнина без препятствия), управлението генерира зададената целева траектория за движение на робота. Избира походката, реда на движение и траекторията на всеки крак. Регистрирането на препятствие от сензорната система на робота е сигнал за по-високото ниво. То прави оценка за възможностите: заобикаляне/избягване, преодоляване

(преминаване през него) без или с промяна на конфигурацията. Възможните промени са отработени предварително и се активират при съответен сигнал.

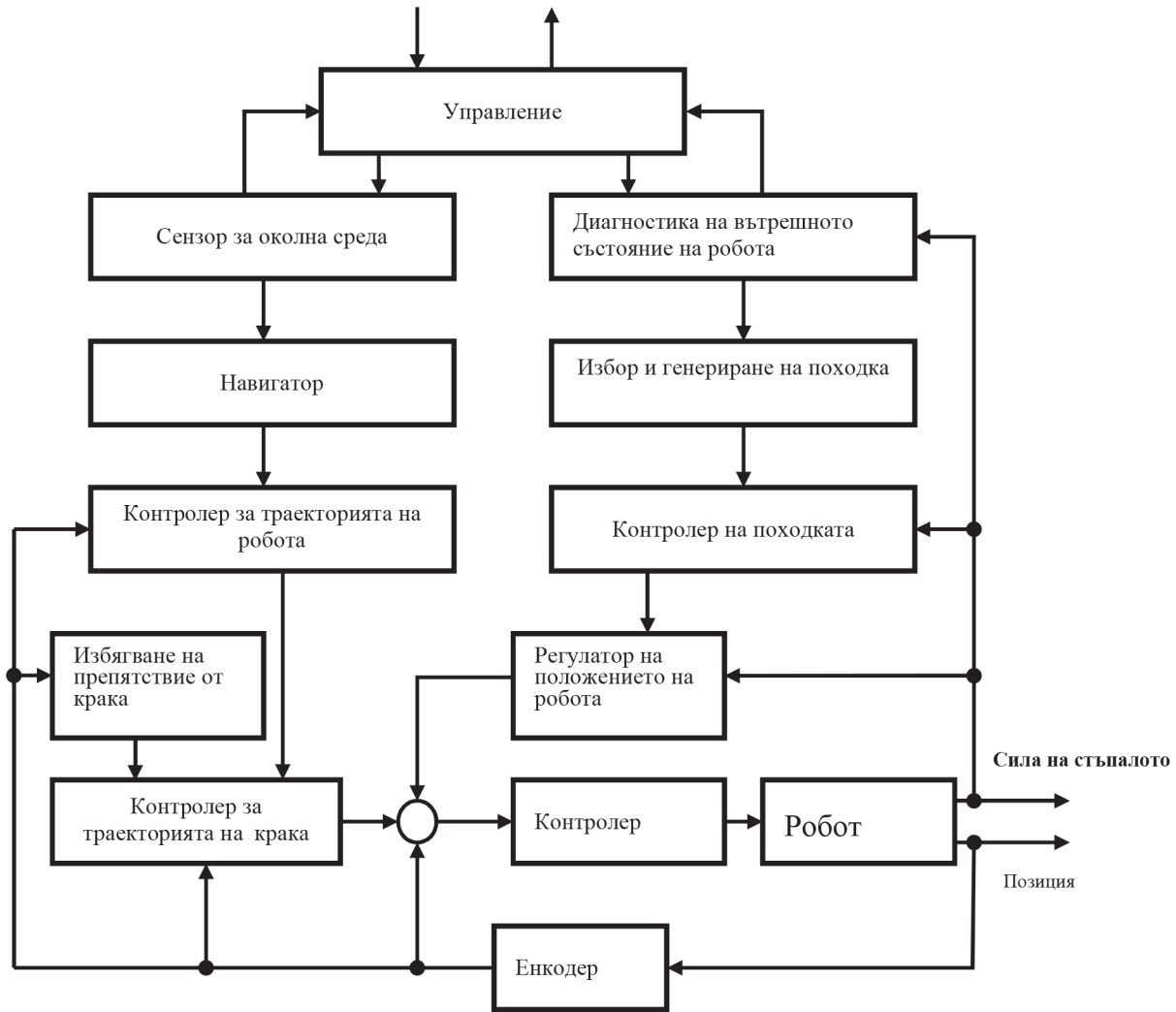
Когато повърхнината, по която се реализира движението, има променлив характер (наклони, стълби, лабиринти и други), се взема решение за използване на съответния модел. Тази процедура притежава различни нива на сложност и решенията трябва да се търсят чрез типизиране на ситуацията. Съществен момент за избор на вярното решение е моментното състояние на робота. За целта се активира блокът за диагностика. Тя включва състояние на захранването с енергия, осигуреност на всяка степен на свобода по отношение на права и обратна връзки и т.н. При наличие на неизправности се предвиждат и съответни действия.

Блокът *Избягване на препятствие от крака* (фиг. 6) е предназначен за търсене на подходящо място за стъпване. В условията на силно изменяща се среда и по-точно където геометрията на повърхнината за реализиране на движението е изключително сложна (например по повърхнини на срутени сгради), трябва да се търси мястото за стъпване на всеки крак. Трябва да се прави и оценка как това място би се отразило на устойчивостта на робота. Логично тази оценка минава през обмяна на информация с блока *Контролер за траекторията на робота*. Освен за устойчиво положение в този блок се търсят решения за заобикаляне/избягване и преминаване през препятствия.

Този клас задачи предполагат роботът да е окомплектован с подходящи и целево разположени сензори, като за най-високо ниво се смята техническото зрение. Природата е доказала многократно, че успешно движение за малки и средни разстояния може да се получи и с други сетива.

Мобилните роботи възприемат заобикалящия ги свят посредством наличната им сензорна система. Сензорите обуславят възможност за взаимодействие със заобикалящата ги околна среда с определени физични действия.

Използваните в съвременните мобилни роботи сензори се структурират на вътрешни и външни. Предназначението на вътрешните сензори е за измерване на кинематичните (положение, скорост и ускорение), динамичните (двигателен момент) и енергийните (мощност и капацитет на батериите, температура) параметри на роботите. Задачите на външните сензори се свързват обикновено с картографиране на работната сцена, локализация и навигация на робота, идентификация на препятствия по сцената по време на придвижването на робота, както и целеви инспекции на обекти и/или параметри на средата. Групирането на сензорните системи в мобилните роботи е свързано с редица съображения за минимално необходимите или целесъобразни измервания при изпълнение на различните класове задания. Стремешът да се моделират функциите на сетивата на човек е продиктувана от факта, че неговата автономност и целенасочено поведение в средата са идеален модел за автономен робот. При роботите, използвани за спасителни операции, сензорните им системи могат условно да се разделят на четири групи: навигационна, картографираща, целева и управляваща.



Фиг. 6. Архитектура на система за управление с възможност за адаптивно поведение на робота към наклони на терена и качване на стълби

Навигационната група включва сензори и системи за измерване на разстояния до обекти (ултразвукови сонари, инфрачервени локатори и лазерни скенери) и сензори за ориентация и позициониране в равнината и пространството (жироскоп, компас и GPS). За картографиране на работната сцена се използват предимно сензори за получаване на двумерни изображения (лазерни скенери и различни видове камери). Целевата група обединява специализирани сензори за откриване и анализ на вредни за човек газове емисии, относителна и абсолютна влажност, радиационен фон, термокамери и сензори с общо предназначение, включващи измерване на температура, микрофони и други. Управляващата група обхваща сензорите за управление на двигатели, преодоляване на препятствия и сензори за енергийно управление.

Анализът на данните показва, че за измерване на средни разстояния се използват предимно сонари с обхват от 1-7 m. За измерване на разстояния в диапазона от 10-80 cm се използват основно инфрачервени (IR) сензори, разположени предимно в основата на платформите.

За определяне на абсолютната равнина и пространствена ориентация се използват електронни цифрови компаси и жirosкопи, комбинирани с акселерометри. Напоследък роботите използват GPS система за определяне на глобалното си местоположение.

Картографирането на работната среда е свързано с придобиване на пространствени модели на средата, на чиято база се планира безопасен маршрут за достигане до крайната дестинация. За целта роботът трябва да има изградена развита сензорна система, данните от която се явяват първични за интерпретиращите я алгоритми. Съществуването на различни методи за локализация и планиране на движението обуславя и голямото разнообразие на карти, които се използват в мобилната роботика. Най-общо картите се разделят на метрични и топологични, като при метричните карти за определяне на позицията се използва фиксирана координатна система, а при топологичните се използват пространствените връзки между обектите.

Заклучение

Предлаганите физични модели на поведение на робот с шест крака за повишено статично устойчиво движение по наклонени терени и качване/слизване по стълби формират база знания, които с конкретните база данни на робота са основа за вграждане в системата за управление. Управляващо устройство, представено чрез блокова архитектура, има отворена схема, което позволява използване на човек за телеуправление или решаващ блок за избор на модел при автономно движение. Идеята е краката да остават спрямо наклона на терена в такава конфигурация, която повишава статичната устойчивост (направлението на масовата сила на робота попада в опорния многоъгълник). Предстои прецизиране на сензорите за възпреприемане на външната среда и бордовия компютър, програмната реализация с маркираните модели.

Благодарности

Научните изследвания, резултат от които са представени в тази публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ – София, 2017 г. по проект № 172ПД0001-09.

Литература

1. Modular Snake Robots. Biorobotics Lab Carnegie Mellon University, 2013. Available: <http://biorobotics.ri.cmu.edu/projects/modsnake/>.
2. Hirose, S. Biologically Inspired Robots: Snake-Like Locomotors and Manipulators. Oxford University Press, 1993.
3. Kale Aparna, S., D. Salunke Geeta. Six Legged Locomotion on Uneven Terrain. – *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 1, September 2012, No. 1.
4. Xilun Ding, Zhiying Wang, Alberto Rovetta and J. M. Zhu. Locomotion Analysis of Hexapod Robot. Climbing and Walking Robots, www.intechopen.com, 2010, 291-310.
5. Trifonov, R., G. Pavlova, I. Pavlov. Architecture of Six-legged Robot for Simulation of Movement under Partial Loss of Leg Mobility. Proc. of the Int. Conf. on Information Technologies (InfoTech-2016), 20-21 September 2016.
6. Ackerman, E. Whoa: Boston Dynamics Announces New WildCat Quadruped Robot. IEEE Spectrum, 2013. Available: <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/military-robots/whoa-boston-dynamics-announces-new-wildcat-quadruped>.
7. Delcomyn, F. Biologically Inspired Robots. Bioinspiration and Robotics Walking and Climbing Robots. www.intechopen.com, 2007.
8. Hunt, G. Our Future Rests in the Balance as Atlas Robot Stands Tall. Siliconrepublic, 16 September 2016. Available: <https://www.siliconrepublic.com/machines/boston-dynamics-robots-atlas-spot>.
9. Human Robot Harmony – Humanoid Robot „Honda ASIMO“ – Futurelab. 2010. Available: <https://www.aec.at/futurelab/en/project/human-robot-harmony-humanoid-robot-honda-asimo/>.

За контакти:

Доц. Румен Трифонов

Факултет „Компютърни системи
и технологии“

Технически университет – София
бул. Климент Охридски 8, София

e-mail: r_trifonov@tu-sofia

info.com
infobg.info

bginfo.com
infobg.com

bgspravka.info
bgspravka.com

БЯХТЕ ЛИ В
НОВИЯ ИНФОРМАЦИОНЕН САЙТ
НА БЪЛГАРИЯ?

СОФСПРАВКА
национална информационна система

www.sofspravka.com

АБОНИРАЙТЕ СЕ!

Моделиране на енергоконсумацията за размразяване на свободната вода в обли дървени материали

Н. Делийски, Н. Тумбаркова

1. Увод

При различни технологични и инженерни разработки се налага да се изчислява изменението на температурното поле в обли дървени материали по време на процеса на тяхното размразяване, а също да се определя и енергоконсумацията на този процес [1,3,5,9]. Такива изчисления могат да се извършват с помощта на модели, адекватно отразяващи сложния процес на разтопяване на свободната и свързаната вода в дървесината.

Продължителността и енергоконсумацията на процеса на размразяване на дървени материали зависи от редица фактори: дървесен вид, форма, размери, съдържание на вода и начална температура на материалите, температура на нагряващата среда и други.. В специализираната литература има редица публикации, посветени на разпределението на температурата в подложени на размразяване обли материали [6,8], но в нея липсва каквато и да било информация за нестационарната енергоконсумация по време на размразяването на такива материали. Налице е изследване само върху енергоконсумацията на целия процес в края на размразяването [6].

Основна съставляваща на енергоконсумацията при размразяването на материалите е специфичната енергия, която е необходима за разтопяването на замръзналата свободна вода в 1 m^3 от материалите. В това изследване се предлага методика за изчисляване на тази енергия за всеки момент от размразяването на обли материали.

Методиката се базира на използването на числените решения на собствен нелинеен математичен модел за изчисляване на нестационарното 2D разпределение на температурата по надлъжното сечение на облите дървени материали по време на размразяването им.

2. Механизъм на разпространение на топлината в облите материали по време на размразяването им

Механизмът на разпространение на топлината в подложени на размразяване обли дървени материали може да се опише математически с помощта на диференциалното уравнение на топлопроводността [3,6,8]. При зависещи от температурата и съдържанието на вода стойности на топлофизичните характеристики на дървесината това уравнение се представя по следния начин в двумерен вариант,

отразяващ разпространението на топлината в радиално и надлъжно на влакната направление на облите материали [6]:

$$\begin{aligned}
 & c_{we}(T, u, u_{fsp}^{272.15}) \cdot \rho_w(\rho_b, u) \frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial \tau} = \\
 & = \lambda_{wr}(T, u, \rho_b) \cdot \left[\frac{\partial^2 T(r, z, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial r} \right] + \\
 & + \frac{\partial \lambda_{wr}(T, u, \rho_b)}{\partial T} \cdot \left[\frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial r} \right]^2 + \\
 (1) \quad & + \lambda_{wz}(T, u, \rho_b) \frac{\partial^2 T(r, z, \tau)}{\partial z^2} + \\
 & + \frac{\partial \lambda_{wz}(T, u, \rho_b)}{\partial T} \cdot \left[\frac{\partial T(r, z, \tau)}{\partial z} \right]^2
 \end{aligned}$$

с начално условие

$$(2) \quad T(r, z, 0) = T_0$$

и следните конвективни гранични условия:

- Върху контактуващата с въздуха образуваща на цилиндричната повърхност на материалите

$$(3) \quad \frac{dT(r, 0, \tau)}{dr} = - \frac{\alpha_{p-dfr}(r, 0, \tau)}{\lambda_{wp}(r, 0, \tau)} [T(r, 0, \tau) - T_{m-dfr}(\tau)].$$

- Върху челната повърхност на материалите

$$(4) \quad \frac{dT(0, z, \tau)}{dz} = - \frac{\alpha_{r-dfr}(0, z, \tau)}{\lambda_{wr}(0, z, \tau)} [T(0, z, \tau) - T_{m-dfr}(\tau)],$$

където c_{we} е ефективният специфичен топлинен капацитет на дървесината на облите материали по време на размразяването им [3,6], $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; λ_{wr} и $\lambda_{wz} = \lambda_{wp}$ – коефициент на топлопроводност на дървесината съответно в радиално и надлъжно на влакната ѝ направление, $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; u – съдържание на вода в дървесината, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$; $u_{fsp}^{272.15}$ – съдържание на вода на дървесината на облите материали при границата на насищане на клетъчните ѝ стени при $T = 272.15 \text{ K}$, т.е. при температура $t = -1 \text{ }^\circ\text{C}$, при която започва разтопяването на замръзналата свободна вода в дървесината, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$; ρ_w – плътност на дървесината, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; ρ_b – базисна плътност на дървесината, равна на отношението на масата ѝ в абсолютно сухо състояние към обема ѝ в наситено с вода състояние, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; r – координата на отделните точки по

радиуса на материалите, m ; z – координата на отделните точки по дължината на материалите, m ; τ – време, s ; T – температура, K ; T_0 – начална температура на подложените на размразяване материали, K ; $T(r, z, 0)$ – температура на всички точки в материалите в началото на размразяването, K ; $T(r, 0, \tau)$ – температура на всички точки върху челото на материалите, K ; $T(0, z, \tau)$ – температура на всички точки върху цилиндричната образуваща на материалите, K ; T_{m-dfr} – температура на околната въздушната среда по време на размразяването на материалите, K ; α_{p-dfr} и α_{r-dfr} – коефициенти на конвективно топлопредаване съответно на челната и на цилиндричната образуваща повърхност на материалите по време на размразяването, $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

Въз основа на експериментални данни, получени в дисертации на чуждестранни учени, в [2,3,6] са изведени уравнения за изчисляване на c_{wa} , ρ_w и λ_w на несъдържаща и съдържаща лед дървесина от различни дървесни видове. Те могат да се използват за решаване на модела (1)-(4).

Уравнение (1), заедно с началното условие (2) и граничните условия (3) и (4), представлява двумерен математичен модел на процеса на размразяване на обли дървени материали.

3. Математично описание на енергоконсумацията за разтопяване на замръзналата свободна вода

Известно е, че специфичната енергоконсумация за нагряване на $1 m^3$ дървесина с начална температура T_0 до желана средномасова температура T_{avg} се определя по уравнението [2,3,6]

$$(5) \quad Q_w = \frac{c_w \rho_w (T_{avg} - T_0)}{3.6 \cdot 10^6},$$

където

Q_w е специфичната енергоконсумация за нагряване на $1 m^3$ дървесина, $kWh \cdot m^{-3}$;

c_w – специфичният топлинен капацитет на дървесината, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$;

ρ_w – плътността на дървесината, $kg \cdot m^{-3}$;

T_0 – началната температура на дървесината, K ;

T_{avg} – средномасовата температура на дървесината в даден момент от нагряването ѝ, K .

Множителят $3.6 \cdot 10^6$ в знаменателя на уравнение (5) осигурява размерност на стойностите на Q_w в $kWh \cdot m^{-3}$ вместо в $J \cdot m^{-3}$.

При наши експериментални изследвания е установено, че разтопяването на леда, образувал се в обли материали от замръзването на свободната вода в тях, протича при повишаването на температурата им от $272.15 K$ до $273.15 K$ (т.е. от $-1 \text{ }^\circ C$ до $0 \text{ }^\circ C$).

По аналогия с уравнение (5) след залагане в него на $T_0 = 272.15 K$ и $T_{avg} = 273.15 K$ се получава следното уравнение за определяне на специфичната топлинна енергия $Q_{dfr-ice-fw}$, която е необходима за разтопяване на леда, образувал се от цялото количество на свободната вода в

облите материали:

$$(6) \quad Q_{dfr-ice-fw}^n = \frac{c_{fw} \cdot \rho_w}{3.6 \cdot 10^6} @ 272.15 K \leq T \leq 273.15 K \ \& \ u > u_{fsp}^{272.15}$$

където c_{fw} е специфичният топлинен капацитет на замръзналата свободна вода в дървесината, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$; ρ_w – плътност на дървесината в надхигроскопичния диапазон, в който е налице свободна вода, $kg \cdot m^{-3}$.

В края на (6) са посочени температурният и влажностният диапазони, за които то е валидно.

Количеството свободна вода u_{fw} (в $kg \cdot kg^{-1}$), което се съдържа в $1 kg$ влажна дървесина, е равно на

$$(7) \quad u_{fw} = \frac{u - u_{fsp}^{272.15}}{1 + u}$$

Количеството топлина, което е необходимо за разтопяване на формирания от свободната вода лед в дървесината, може да бъде определено като произведение на u_{fw} с топлината на фазово превръщане (кристализиране) на водата r_{cr} . След разделяне на това количество топлина на температурния диапазон $273.15 K - 272.15 K = 1 K$ и вземайки под внимание че $r_{cr} = 3.34 \cdot 10^5 J \cdot kg^{-1}$ [3,6], се получава следното уравнение за изчисляване на участващия в уравнение (6) специфичен топлинен капацитет на замръзналата свободна вода в дървесината c_{fw} :

$$(8) \quad c_{fw} = 3.34 \cdot 10^5 \cdot \frac{u - u_{fsp}^{272.15}}{1 + u}$$

В [6] е предложено следното уравнение за изчисляване на съдържанието на вода при границата на насищане на клетъчните стени на дървесината в зависимост от температурата:

$$(9) \quad u_{fsp} = u_{fsp}^{293.15} - 0.001(T - 293.15),$$

където $u_{fsp}^{293.15}$ е стандартизираната стойност на границата на насищане на клетъчните стени на дървесината при $293.15 K$, т.е. при $20 \text{ }^\circ C$; K – температура, K . Стойността на $u_{fsp}^{293.15}$ за различните дървесни видове се привежда в специализираната научна и учебна литература.

След заместване на T в (9) с $T = 272.15 K$ се получава, че

$$(10) \quad u_{fsp}^{272.15} = u_{fsp}^{293.15} + 0.021.$$

Плътността ρ_w на съдържаща свободна вода дървесина се определя по уравнението [2,3,5,6]

$$(11) \quad \rho_w = \rho_b(1 + u).$$

След заместване на (10) в (8), а след това полученият израз за c_{fw} , заедно с този за ρ_w в (11) се заместят в (6), се получава следното уравнение за определяне на сумарната специфична енергия $Q_{dfr-ice-fw-total}$ (в $kWh \cdot m^{-3}$), която е необходима за разтопяване на леда, образувал се от замръзването на цялото количество свободна вода в $1 m^3$

дървесина:

$$(12) \quad Q_{\text{dfr-ice-fw-total}} = 0.09278 \cdot \rho_b \cdot (u - u_{\text{fsp}}^{293.15} - 0.021)$$

Значителен научен и практически интерес представлява определянето на специфичната енергия, която е необходима за разтопяване на леда от свободната вода във всеки момент от процеса на размразяване на облите материали. Това може да се осъществи, като при решаването на математичния модел (1)-(4) за всеки момент от размразяването $n \cdot \Delta t$ се определя текущата стойност на възлите на изчислителната мрежа

$N_{\text{dfr-ice-fw}}^n$, в които настъпва разтопяване на леда от свободната вода. Броят на тези възли се регистрира, като в софтуера за решаване на модела се заложи логическо условие, проследяващо в кой момент температурата на всеки от възлите на изчислителната мрежа се повиши над 272.15 K и тогава в този възел възникват условия за разтопяване на леда от свободната вода в материала.

След разделяне на $Q_{\text{dfr-ice-fw-total}}$ на общия брой на възлите на изчислителната мрежа N_{total} , която е построена върху $1/4$ от надлъжното сечение на облия материал (поради наличие на огледална симетрия спрямо останалите $3/4$ от сечението), се определя специфичната енергия $Q_{\text{dfr-ice-fw-1nod}}$, необходима за разтопяване на леда в частта от сечението, обхваната от един възел на тази мрежа

$$(13) \quad Q_{\text{dfr-ice-fw-1nod}} = \frac{0.09278 \cdot \rho_b \cdot (u - u_{\text{fsp}}^{293.15} - 0.021)}{N_{\text{total}}}$$

Тогава енергията, която се консумира за разтопяване на леда, образуван се от свободната вода в материала, във всеки момент $n \cdot \Delta t$ от процеса на размразяването може да се определи по уравнението

$$(14) \quad Q_{\text{dfr-ice-fw}}^n = N_{\text{dfr-ice-fw}}^n \cdot Q_{\text{dfr-ice-fw-1nod}} = N_{\text{dfr-ice-fw}}^n \cdot \frac{0.09278 \cdot \rho_b \cdot (u - u_{\text{fsp}}^{293.15} - 0.021)}{N_{\text{total}}}$$

@ 272.15 K ≤ T ≤ 273.15 K

където n е текущата стойност на времевата координата при решаването на математичния модел (1)-(4): $n = 0, 1, 2, 3, \dots$; Δt – стъпка по времевата координата, с която се решава моделът, σ .

4. Изчисляване на изменението на енергоконсумацията за разтопяване на леда от свободната вода в облите материали

След въвеждане на уравнение (14) в математичния модел на процеса на размразяване на обли дървени материали (1)-(4) е изготвена програма в изчислителната среда на Visual Fortran за решаване на този модел. С програмата е

изчислено двумерното изменение на температурното поле и изменението на енергията $Q_{\text{dfr-ice-fw}}^n$ в два броя подложени на 70 h размразяване при стайна температура обли тополови материали, означени по-долу като T1 и T2.

Непосредствено преди размразяването им всеки от материалите поотделно е замразен във фризер в течение на 50 h при около -30 °C до достигане на средномасова температура в него около -29 °C. Изчисленията са извършени при начални и гранични условия на топлообмена, еднакви с тези по време на предшестващото ги експериментално изследване на температурно поле в материалите [7].

Изследваните обли материали имат следните основни характеристики:

- диаметър $D = 0.24$ m и дължина $L = 0.48$ m;
- съдържание на вода $u = 1.63$ kg·kg⁻¹ за T1 и $u = 1.78$ kg·kg⁻¹ за T2;
- базисна плътност $\rho_b = 361$ kg·m⁻³ за T1 и $\rho_b = 364$ kg·m⁻³ за T2;
- температура в началото на размразяването $t_0 = 18.3$ °C за T1 и $t_0 = 20.5$ °C за T2;
- граница на насищане на клетъчните стени

$$u_{\text{fsp}}^{293.15} = 0.35$$
 kg·kg⁻¹ и $u_{\text{fsp}}^{272.15} = 0.371$ kg·kg⁻¹.

За решаване на математичния модел (1)-(4) е необходимо да се разполага с математично описание на изменението на участващата в уравнения (3) и (4) температура на околната въздушна среда $T_{\text{m-dfr}}$ при експерименталното изследване на размразяването на облите материали. Такова описание е направено с помощта на софтуера Table Curve 2D [10].

Избрано е следното уравнение за апроксимиране с коефициент на корелация над 0.93 на изменението на $T_{\text{m-dfr}}$ по време на експериментите:

$$(15) \quad T_{\text{m-dfr}} = \frac{a_{\text{dfr}} + c_{\text{dfr}} \tau^{0.5}}{1 + b_{\text{dfr}} \tau^{0.5}},$$

като коефициентите в дясната му част са равни на:

- при размразяването на материала T1: $a_{\text{dfr}} = 292.2975534$, $b_{\text{dfr}} = -0.00237555$, $c_{\text{dfr}} = -0.69350256$;
- при размразяването на материала T2: $a_{\text{dfr}} = 301.9611704$, $b_{\text{dfr}} = -0.00245377$, $c_{\text{dfr}} = -0.73767457$.

За начална стойност на участващото в (15) време τ се взема крайят на 50-часовото замразяване на материалите, което предшества непосредствено размразяването им, т.е. началната стойност на τ в уравнение (15) е равна на 50 h x 3600 s = 180000 s.

Изчислено е изменението на температурата в четири характерни точки, разположени в $1/4$ от надлъжното сечение на материалите, имащи следните радиална и надлъжна координати:

- т. 1: $r = 30$ mm, $z = 120$ mm;
- т. 2: $r = 60$ mm, $z = 120$ mm;
- т. 3: $r = 90$ mm, $z = 180$ mm;
- т. 4: $r = 120$ mm, $z = 240$ mm.

Моделът е решен с помощта на явна схема на метода на крайните разлики [2,3,6] при брой на възлите на мрежата

по радиалната координата 20 и 40 по надлъжната координата, т.е. общият брой на възлите на използваната изчислителна мрежа е $N_{total} = 20 \cdot 40 = 800$. Стъпката по времевата координата Δt се определя софтуерно със спазване на условието за устойчивост на численото решение на системата уравнения (1)-(4) с явната схема на метода на крайните разлики. При решаването на модела Δt се оказва равна на 6 s. Изчисляваните стойности на t_{m-dfr} , t_s , $N_{dfr-ice-fw}$, $Q_{dfr-ice-fw}$ и други променливи са записвани и архивирани върху компютърния диск с интервал през 300 s по време на размразяването.

На *фиг. 1* е показано изчисленото с модела изменение на температурата на размразяващата въздушна среда t_{m-dfr} , на температурата на повърхността на дървесината t_s и на t в четирите характерни точки от надлъжното сечение на облия материал T1, чието експериментално установено изменение на t е представено в [7].

Сравняването помежду им на кривите на изменение на t в характерните точки на *фиг. 1* и тези, дадени в [7], показва наличието на много добро качествено и количествено съответствие на изчисленото изменение на температурното поле в облия материал спрямо установеното по време на експеримента разпределение на t . Индикатор за това е сравнително малката средноквадратична грешка на изчислените спрямо съответстващите им експериментални стойности, която общо за четирите характерни точки е $\sigma_{dfr} = 1.09$ °C. За облия материал T2 е получена $\sigma_{dfr} = 1.33$ °C. Достигнатата добра точност на модела позволява той да бъде използван за изчисляване на енергийните характеристики на процеса на размразяване на изследваните материали.

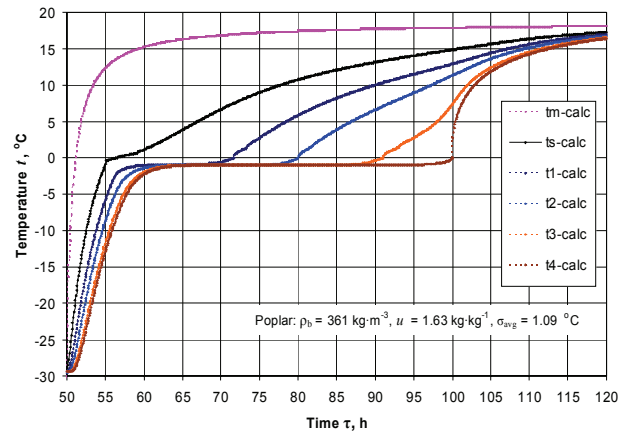
На *фиг. 2* е показано изменението на броя на възлите $N_{dfr-ice-fw}$ по време на 70-часовото размразяване на облите топови материали T1 и T2.

На *фиг. 3* е показано изчисленото по уравнение (14) изменение на специфичната енергия $Q_{dfr-ice-fw}$ по време на 70 h размразяване на топовите материали T1 и T2.

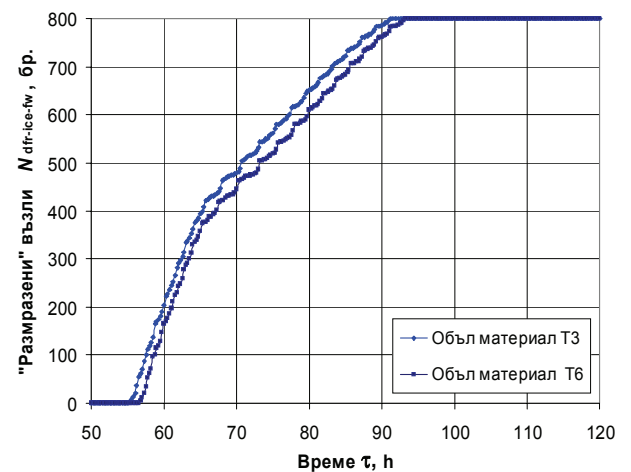
Анализът на получените резултати показва, че в течение на първите 5.25 h от размразяването на материала T1 и на първите 6.50 h от размразяването на T2 температурата на повърхностните им слоеве се повишава постепенно от началната ѝ стойност около -29 °C до достигане на -1 °C.

Едва след изтичане на тези 5.25 h и 6.50 h от началото на размразяването започва разтопяване на леда от свободната вода във възлите на мрежата, които са разположени най-близо до челната и цилиндричната повърхност на T1 и T2. След това броят на възлите $N_{dfr-ice-fw}$ на мрежата, в които този лед се разтопява, започва да нараства и от начална нулева достига стойността $N_{dfr-ice-fw} = N_{total} = 800$ след изтичане от началото на размразяването на 41.25 h при T1 и 43.25 h при T2. Това нарастване става по две почти прави линии, които преминават една в друга при брой на възлите $N_{dfr-ice-fw} \approx 420$ след около 16-17 h от началото на размразяването (*фиг. 2*).

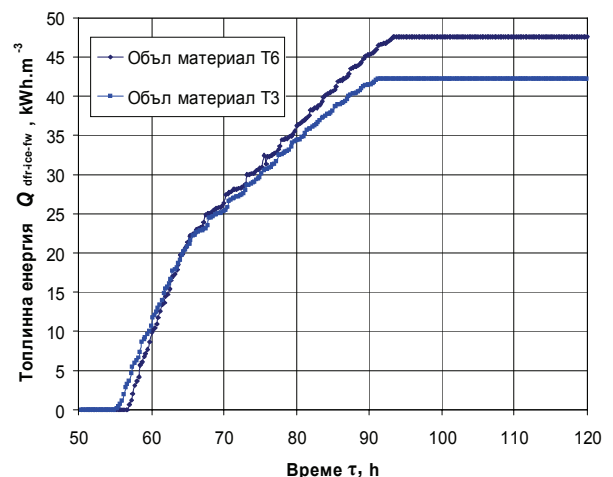
Специфичната енергия $Q_{dfr-ice-fw}$ се изменя по начин, следващ изцяло този на изменението на броя на възлите $N_{dfr-ice-fw}$ (*фиг. 3*). В началото на размразяването $Q_{dfr-ice-fw} = 0$, докато $N_{dfr-ice-fw} = 0$.



Фиг. 1. Изчислено с модела изменение на t_{m-dfr} , t_s и t в четирите характерни точки на топовия материал T1 по време на 70-часовото му размразяване



Фиг. 2. Изменение на възлите $N_{dfr-ice-fw}$ по време на 70 h размразяване на облите топови материали T1 и T2



Фиг. 3. Изменение на $Q_{dfr-ice-fw}$ по време на 70 h размразяване на облите топови материали T1 и T2

Разтопяването на замръзналата свободна вода в облия материал T1 с $u = 1.63 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ започва с около 1.25 h и приключва с около 2.00 h по-рано от това в материала T2 с $u = 1.78 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$. След около 14 h от началото на размразяването стойностите на $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ на T1 и T2 се изравняват. След това $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ на T1 продължава да нараства с по-малка скорост от тази на T2 до достигане на стойност $Q_{\text{dff-ice-fw}} = 42.168 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$ в 41.25-я час от размразяването. По-бързо нарастващата енергия $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ на T2 достига стойността $Q_{\text{dff-ice-fw}} = 47.585 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$ в 43.25-я час от размразяването. Достигнатите стойности на $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ остават неизменни до края на 70-часовото размразяване на изследваните материали.

Следователно по-високото съдържание на вода на T2 спрямо това на T1 с $1.78 - 1.63 = 0.15 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ обуславя увеличаване на енергията $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ с $47.585 - 42.168 = 5.417 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$.

5. Заключение

В изследването е предложена методика за изчисляване на специфичната енергоконсумация, която е необходима за разтопяване на замръзналата свободна вода в обли дървени материали по време на размразяването им. Методиката се основава на използването на числените решения на собствен нелинеен математичен модел за изчисляване на нестационарното 2D разпределение на температурата по надлъжното сечение на облите материали във всеки момент от размразяването им.

С използване на методиката е показана и анализирана диаграма на нестационарно изменение на специфичната енергоконсумация за разтопяване на замръзналата свободна вода $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ в обли топови материали с различно съдържание на вода по време на размразяването им. Диаграмата е построена по резултати, изчислени с помощта на представения в статията нелинеен математичен модел на процеса на размразяване на материалите след допълването му с енергийна част.

Установено е, че докато температурата на всички точки в материалите е по-ниска от $-1 \text{ }^\circ\text{C}$, липсват условия за топене на замръзналата свободна вода и енергията $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ е равна на нула. Топенето на тази вода се осъществява в диапазона от $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ до $0 \text{ }^\circ\text{C}$. В този диапазон нестационарно изменение на $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ става по две преминаващи една в друга почти прави линии, стръмността на които нараства с увеличаване на съдържанието на вода в материалите.

В момента на превишаване на $0 \text{ }^\circ\text{C}$ от температурата във всички точки на материалите енергията $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ достига своите максимални стойности. За случая на размразяване на обли топови материали със съдържание на вода $1.63 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ и базисна плътност $361 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ максималната стойност на $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ е равна на $42.168 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$, а при съдържание на вода $1.78 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ и базисна плътност $364 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ тя е равна на $47.585 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$. Достигнатите стойности на $Q_{\text{dff-ice-fw}}$ остават неизменни след превишаване на $0 \text{ }^\circ\text{C}$ в материалите.

Получаваните по предложената в това изследване методика компютърни решения на допълнения с енергийна част математичен модел могат да бъдат използвани за:

- визуализиране и анализ на нестационарното 2D изменение на температурата в обли материали от различни дървесни видове, с различни размери и съдържание на вода по време на размразяването им във въздушна среда с различна температура;
- изчисляване на нестационарната енергоконсумация за разтопяване на замръзналата свободна вода в материалите във всеки момент от размразяването им;
- моделнобазирано автоматично управление на процеса на размразяване на обли дървени материали [4] чрез въвеждане на математичния модел в софтуера на използваните за такова управление програмируеми контролери [3].

Литература

1. Виделов, Х. Сушене и топлинно обработване на дървесината. ЛТУ, София, 2003.
2. Делийски, Н. Моделиране и технологии за пропарване на дървени материали в автоклави. Дисертация за д.т.н., ЛТУ, София, 2003.
3. Делийски, Н., Л. Дзуренда. Моделиране на топлинни процеси в технологиите за обработване на дървесина. София, Прима, 2010
4. Хаджийски, М., Н. Делийски. Моделнобазирано управление на процеса на топлинно обработване на дървесина. – *Автоматика и информатика*, 2015, № 2, 14-23, САИ, София.
5. Шубин, Г., С. Сушка и тепловая обработка древесины. Москва, Лесная промышленность, 1990.
6. Deliiski, N. Modelling of the Energy Needed for Heating of Capillary Porous Bodies in Frozen and Non-Frozen States. Saarbrücken, Germany, Lambert Academic Publishing, Scholars' Press, 2013, 116. <http://www.scholars-press.com/system/covgenerator/build/1060>.
7. Deliiski, N., N. Tumbarkova. Computation of the Icing Degree of Logs During Melting of the Frozen Free Water in Them. Proceeding of the 3rd Int. Sc. Conf. „Wood Technology & Product Design“: 21-28, 11–14 Sept. 2017, Ohrid, Macedonia.
8. Khattabi, A., H. P. Steinhagen. Numerical Solution to Two-dimensional Heating of Logs. Holz als Roh- und Werkstoff, 50, 1992, 308-312.
9. Pervan, S. Technology for Treatment of Wood with Water Steam. University in Zagreb, 2009.
10. <http://www.sigmaplot.co.uk/products/tablecurve2d/tablecurve2d.php>.

За контакти:

Проф. д.т.н. **Ненчо Делийски**,
Факултет по горска промишленост,
Лесотехнически университет – София
e-mail: deliiski@netbg.com

Управление на някои процеси при биологично пречистване на отпадъчни води

К. Бошнаков, Ч. Ли, Л. Фан

1. Увод

Целта на това изследване е разработване на процедура за управление на биологичното стъпало в битови пречиствателни станции за отпадъчни води, която да се основава на натрупани и непрекъснато обновяващи се знания. Като математически апарат за разработване на процедурата за управление е възприет методът на прецедентите [1,2,3], който по своята същност е метод на безмоделното управление и позволява извличане на най-добрите решения при управление на конкретния процес.

Съществен проблем при управлението на пречиствателни станции за отпадъчни води (ПСОВ) са редките измервания на съставите на отпадъчната и пречистената вода. С цел преодоляване на този проблем в статията са проведени изследвания за приложение на метода на динамичните прецеденти [1,2,3] за прогнозиране с една стъпка напред на разхода на постъпваща отпадъчна вода Q_{in} на вход на биологичното стъпало, химичната потребност от кислород COD_{in} и общия азот по Келдал TKN_{in} .

За стартиране на управлението от добри начални точки и ускоряване на придвижването към оптимално управление в процедурата се предвижда и възможността за включване на разработени и адаптирани математични модели за пречиствателните станции, но това не е задължителен стадий.

2. Прогнозиране на разхода и състава на отпадъчните води на вход

Събрани са и са комплектувани данни от пречиствателни станции за отпадъчни води както по хода на водата

в пречиствателната станция, така и по хода на утайките.

Характерно за събраните данни е, че като се изключат данните за разхода на отпадъчна вода Q_{in} , останалите данни за COD_{in} и TKN_{in} и други, свързани със състава на потоците, са през големи интервали от време от порядъка на няколко дни и анализите не са подходящи за управление на биологичното стъпало, където интервалът на дискретизация трябва да бъде от един до два часа в зависимост от размера на пречиствателната станция. На *фиг. 1* е показано изменението на разхода на отпадъчна вода в продължение на 120 денонощия.

За прогнозиране на изследваните процеси и разработване на предсказващи алгоритми са използвани специално проведени анализи, които са през два часа в рамките на 24 часа и се отнасят за сухо време. При наличие на дъжд или снеготопене разходът на отпадъчна вода се изменя в много по-широк диапазон. Проведен е статистически анализ на данните с цел определяне на необходимия брой стойности на променливата в отминали дискретни моменти на времето, така че да бъде формирана структурата на динамичните прецеденти с цел прогнозиране на един такт напред. За целта е прието описанието на стойностите на променливите да бъде във вида на отсечково постоянни функции на времето.

Структурата на динамичните прецеденти (C_k), предназначени за предсказване на конкретна променлива в $k + 1$ дискретен момент на времето, е представена чрез изрази (1), (2) и (3), както следва: за прогнозиране на разхода на отпадъчна вода Q_{in} , химичната потребност от кислород COD_{in} и общия азот по Келдал TKN_{in} .



Фиг. 1. Изменение на разхода на отпадъчна вода на вход

$$(1) \quad \begin{aligned} C_{Q(i)} &= (Q_{in(i)}(k-3), Q_{in(i)}(k-2), Q_{in(i)}(k-1), \\ &Q_{in(i)}(k), t_{(i)}(k+1), Q_{in(i)}(k+1)) \end{aligned}$$

$$(2) \quad \begin{aligned} C_{COD(i)} &= (COD_{in(i)}(k-3), COD_{in(i)}(k-2), \\ &COD_{in(i)}(k-1), COD_{in(i)}(k), t_{(i)}(k+1), \\ &COD_{in(i)}(k+1)) \end{aligned}$$

$$(3) \quad \begin{aligned} C_{TKN(i)} &= (TKN_{in(i)}(k-3), TKN_{in(i)}(k-2), \\ &TKN_{in(i)}(k-1), TKN_{in(i)}(k), t_{(i)}(k+1), TKN_{in(i)}(k+1)) \end{aligned}$$

За описание на проблема $Pr_{(j)}$ в прецедентите (1), (2) и (3) се използват стойностите на променливите в моментите $k, k-1, k-2, k-3$. Към тях е включено и астрономическото време $t_{(j)}(k+1)$, за което ще се прогнозира стойността на съответната променлива. По този начин се внася по-голяма детерминираност в прецедентите и това време спомага да бъде отразен денонощният цикъл при отпадъчните води. Решението на прецедентите S_i е стойността на съответната променлива в $k+1$ дискретен момент на времето. Индексът (j) съответства на номера на прецедента.

Въз основа на данните от проведените експерименти е разработена начална база с динамични прецеденти за случаите на дискретизация през два часа (табл. 1). Аналогична начална база с динамични прецеденти е разработена и за дискретизация през едно денонощие. В последната колона на таблицата са включени тегловни коефициенти α_p които приемат стойности в интервала $\alpha_i \in [0, 1]$ и са показател за точността на предсказване по съответния прецедент.

При включване на базите с начални прецеденти в R^4 цикъла на CBR: извличане, повторна употреба, проверка на коректността и запазване, базата с прецеденти се разширява с прецеденти за нови стойности на атрибутите, дефиниращи проблема $Pr_{(j)}$. На етапа на проверка на коректността в зависимост от предсказващите способности на конкретния прецедент му се присвоява тегловен коефициент α_i .

3. Разработване на симулационен модел на биологичното пречистване на отпадъчни води

За провеждане на изследвания, описани в тази статия, е разработен симулационен модел на биологичното пречистване на отпадъчни води за градска пречиствателна станция на град в България със 73 000 жители. За основа на математичното моделиране е използван математичният модел ASM1 [4].

Симулационната схема е създадена с помощта на софтуерната платформа SIMBA [5]. Схемата съдържа следните основни модули: модул за генериране на отпадъчни води с желан обемен разход и състав на отпадъчната вода за пречистване, биобасейн, съдържащ аноксик част с обем 7000 m³, аеробна част с обем 15 000 m³, вторичен утайтел и схема за формиране на критерия за оптималност (4), включващ консумираната електрическа енергия и цената ѝ, както и нарушенията на нормативните изисквания за емисиите на замърсителите в пречистената вода и стойността на глобите за тези нарушения.

Симулационната схема включва потоците по линията на водата и на утайката. Потоците по линията на водата са входният поток с разход Q_{in} , потокът на пречистената вода с разход Q_a и вътрешният (нитратен) рецикул с разход Q_r . По линията на утайката има външен рецикул на активната утайка с разход Q_f и поток на излишната утайка, която се извежда от инсталацията с разход Q_w .

В симулационната схема е реализирана система за автоматично регулиране на концентрацията на разтворен кислород DO в аерационната част на биобасейна. Полученото решение за концентрацията на DO вследствие на оптимизация по метода на прецедентите ще бъде задание за системата за регулиране. Същото се отнася и за Q_a и Q_f . Критерият за оптималност J е показател за ефективността от управлението, представено с конкретен прецедент, и се изчислява по следния израз:

Табл. 1. Начална база с прецеденти при дискретизация от два часа

No	$Q_{in}(k-3)$	$Q_{in}(k-2)$	$Q_{in}(k-1)$	$Q_{in}(k)$	$t(k+1)$	$Q_{in}(k+1)$	α
1	44148,04	43745,78	43946,91	43142,39	16	43242,95	α_1
2	43745,78	43946,91	43142,39	43242,95	18	38013,57	α_2
3	43946,91	43142,39	43242,95	38013,57	20	43544,65	α_3
4	43142,39	43242,95	38013,57	43544,65	24	45053,12	α_4
5	43242,95	38013,57	43544,65	45053,12	2	39723,18	α_5
6	38013,57	43544,65	45053,12	39723,18	4	36102,84	α_6
7	43544,65	45053,12	39723,18	36102,84	6	34694,93	α_7
8	45053,12	39723,18	36102,84	34694,93	8	46159,34	α_8
9	39723,18	36102,84	34694,93	46159,34	10	44650,86	α_9

$$(4) J = C_1 P + C_2 \tilde{\tau}$$

C_1 е цената на електрическата енергия, P е консумираната електрическа енергия за едно денонощие от биологичното стъпало и включва консумираната електрическа енергия за аериране в биобасейна, електрическата енергията, консумирана за помпите, осъществяващи вътрешния (нитратен) рецикул и консумираната енергия от помпите, реализиращи външния рецикул (на активната утайка). Вторият компонент на израза за критерия за оптималност (4) е произведение на стойността на глобите за нарушаване на нормативните ограничения C_2 и относителното време на нарушенията $\tilde{\tau}$, представено в проценти от целевия период. Подробностите, свързани с изчисляване на P и схемата за формиране на $\tilde{\tau}$, са описани в [6,7].

Изследванията върху процеса показват, че подаваният въздух за аериране, който позволява пълна нитрификация като цяло, е достатъчен за отстраняване на въглерода, изразен чрез химичната потребност от кислород (COD), което насочва изследванията в посока на отстраняване на азотосъдържащите съединения. Ограниченията върху емисиите на азотосъдържащите съединения на национално ниво съгласно законовите изисквания, свързани с отстраняване на азота от отпадъчните води за агломерации с население между 10 000 и 100 000 еквивалентни жите-

ли, са, както следва: за концентрацията амониев азот $S_{Nhe} \leq 2mg/l$, за нитратен азот $S_{Noe} \leq 10mg/l$ и за общ азот $TN \leq 15mg/l$ [8,9,10,11]. От гледна точка на концентрацията на разтворения кислород DO съществува ограничение върху минималната му стойност. Понеже при ниска концентрации на разтворен кислород се развиват филаментни микроорганизми, не е препоръчително процесът да се води при стойности на разтворения кислород, по-ниски от 0.7 mg/l. В такъв случай процесът се води при гранична стойност на разтворен кислород, но разходът на електрическа енергия P е по-висок от оптималния.

Основните смущаващи въздействия при опериране на битовите пречиствателни станции са разходът на отпадъчна вода Q_{in} , химичната потребност от кислород COD_{in} и общият азот по Келдал TKN_{in} . При това изследване е приет подходът въз основа на провеждане на кълъстерен анализ върху наличните експериментални данни, свързани с работата на разглежданата пречиствателна станция, данните да бъдат класифицирани в седем кълъстера. На следващ етап на изследване центровете на въпросните кълъстери и общият център на данните ще бъдат компонентите, формулиращи проблема $Pr_{(i)}$ на отделните прецеденти (i). Получените центрове на кълъстери и общият център са представени в табл. 2.

Табл. 2. Начална база оптимални прецеденти за центровете на седем кълъстера и общия център

(i)	$Q_{in}, m^3/d$	$COD_{in}, mg/l$	$TKN_{in}, mg/l$	$DO, mg/l$	$Q_a, m^3/d$	$Q_r, m^3/d$	$J, lv/d$	α
1	39148,67	231,67	30,53	2,60	78297,32	39148,67	1302,24	1
2	40192,20	213,40	26,64	1,60	80384,40	40192,20	1048,80	1
3	41122,17	232,67	29,40	2,60	82244,34	41122,17	1323,42	1
4	37952,00	229,50	26,96	1,30	75904,00	37952,00	985,28	1
5	33890,00	197,00	23,72	0,75	67780,00	33890,00	767,63	1
6	42709,12	224,00	25,69	1,30	85418,25	42709,12	1038,78	1
7	46372,00	152,06	20,32	1,10	92744,00	46372,00	896,97	1
0	41912,80	208,57	25,80	1,65	83825,68	41912,80	1069,52	1

4. Формиране на начална база с прецеденти за целите на оптималното управление

За формиране на начална база с прецеденти е избрана наследната структура на един прецедент

За прецедента с индекс (i), описанието на проблема

$$(5) C_{(i)} = (Pr_{(i)}, S_{(i)}, J_{(i)}, AI_{(i)})$$

$Pr_{(i)}$ се представя със съответните стойности на атрибутите съгласно следващия израз:

$$(6) Pr_{(i)} = (Q_{in(i)}, COD_{in(i)}, TKN_{in(i)})$$

$Q_{in} m^3/d$ е обемният разход на отпадъчна вода на вход на биологичното стъпало, $COD_{in}, mg/l$ е химична потребност от кислород и $TKN_{in}, mg/l$ е общ азот по Келдал.

Решението на проблема $S_{(i)}$ за прецедента с индекс (i) се описва чрез атрибутите:

- Концентрация на разтворен кислород $DO_{(i)}, mg/l$, намерена в резултат на оптимизация на процеса на биологично пречистване за проблема $Pr_{(i)}$ съответстващ на прецедента с индекс (i) в резултат на минимизация на критерия за оптималност J . Намерената оптимална стойност за DO е задание на системата за регулирането му на първо йерархично ниво.
- Разход на вътрешния (нитратен) рецикул $Q_{a(i)}, m^3/d$. Съгласно широко прилагана практика се задава $Q_{a(i)} = 2Q_{in(i)}$.
- Разход на външен рецикул на активната утайка $Q_r, m^3/d$, за който се прилага следното експертно правило: $Q_{r(i)} = Q_{in(i)}$.

С направените означения оптималното решение $S_{(i)}$ за прецедента с индекс (i) има следния вид:

$$(7) S_{(i)} = (DO_{(i)}, Q_{a(i)}, Q_{r(i)})$$

$\alpha_{(i)}$ е тегловен коефициент, който е оценка за ефективността на управлението, описвано със съответния

прецедент и му се присвоява стойност след реализация и анализ на управлението. Тегловният коефициент приема стойности в интервала $[0,1]$.

Допълнителната информация за прецедента включва следните компоненти:

$$(8) AI_{(i)} = (P_{(i)}, \tilde{\tau}_{(i)}, S_{NH_4(i)}, S_{NO_3(i)}).$$

5. Алгоритъм за формиране на оптимални прецеденти за целите на управлението

Разработената процедура наподобява задачата за предсказващо управление, но изчислителните процедури се извършват off-line на базата на модел на биологичните процеси на пречистване на отпадъчни води, като хоризонтите на предсказване и управление са от един такт. Алгоритъмът има следните стъпки:

1. За интервала k постъпват данни за процеса: $Q_{in}(k)$, $COD_{in}(k)$ и $TKN_{in}(k)$.

2. Стартират се процедурите за изводи на базата на динамични прецеденти, описани в т. 2, по които се прогнозира стойностите на $Q_{in}(k+1)$, $COD_{in}(k+1)$ и $TKN_{in}(k+1)$.

3. Стартира се процедурата за изводи на базата на статични прецеденти с предсказаните стойности за $Q_{in}(k+1)$, $COD_{in}(k+1)$ и $TKN_{in}(k+1)$, по която се определят управлението за $k+1$ стъпка.

За формиране на началната база с оптимални прецеденти е използван симулационен подход. Задачата се свежда до едномерна оптимизация за намиране на DO , за което $J \rightarrow \min$, при ограничение $DO > 0.7 \text{ mg/l}$. Q_a и Q_r се задават по експертни правилата, въведени по-горе.

Началната база с оптимални прецеденти е формирана за центровете на клъстерите и общия център на данните. Резултатите са представени в табл. 2. За прецедентите, които са резултат от решаване на оптимизационната процедура в началната база прецеденти, тегловният коефициент е $\alpha=1$, както е показано в табл. 2.

Изводи и заключение

Разходът и съставът на битовите отпадъчни води, постъпващи за пречистване в ПСОВ, се характеризират с нестационарност в рамките на денонощие, на седмица, на месец и на сезон. Причината за тези нестационарности са човешката дейност и метеорологичните условия. Сравняването с въпросните нестационарности при управление на процесите се отдава в различна степен на различните оператори.

С предложената процедура се постига предаване на опита на най-добрите специалисти за управление на пречиствателните станции към другите им колеги от конкретната станция.

За целта въз основа на прогноза за очакваните смущаващи въздействия се генерира управление от създадената и обновяваща се оптимална база с прецеденти, чието

формиране резултат на многократно решаване на оптимизационната задача и допълване с прецеденти, формиращи от експлоатация на пречиствателната станция.

Прилагането на комбинацията от динамични и статични прецеденти позволява оптимално управление в реално време на разглежданите процеси на биологично пречистване на отпадъчни води при възникналите смущаващи въздействия, което по своята същност е предсказващо управление с хоризонт на предсказване и управление от един такт.

Литература

1. Хаджийски, М., К. Бошнаков, А. Атанасов. Супервайзорно управление на система за пречистване на отпадъчни води с използване на знание по метода на прецедентите. Proc. of the Anniversary Scientific Conference with International Participation „40 Years Department of Industrial Automation“, University of Chemical Technology and Metallurgy – Sofia, Bulgaria, 18.03.2011, 27-31.
2. Berenji, H., Y. Wang, A. Saxena. Dynamic Case Based Reasoning in Fault Diagnosis and Prognosis. http://icisl.gatech.edu/aa/images/2/28/FUZZIEEE05_DCBR.pdf.
3. Xia, Q., M. Rao. Dynamic Case-based Reasoning for Process Operation Support Systems. – *Engineering Application of Artificial Intelligence*, 12, 1999, 343-361.
4. Henze, M., W. Gujer, T. Mino, M. van Loosdrecht. Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3, Edited by IWA Publishing, 2000.
5. SIMBA 6.0, ifac system GmbH.
6. Бошнаков, К., М. Хаджийски, З. Георгиев. Управление на процеса аериране при биологичното пречистване на отпадъчни води по метода на прецедентите – част 1. Proc. of the International Conference Automatics and Informatics' 2013, October 307, 2013, Sofia, I-91-I-94.
7. Бошнаков, К., М. Хаджийски, З. Георгиев. Управление на процеса аериране при биологичното пречистване на отпадъчни води по метода на прецедентите – част 2. Proc. of the International Conference Automatics and Informatics' 2013, October 307, 2013, Sofia, I-95-I-98.
8. Бошнаков, К. Стратегии за управление на системи за пречистване на отпадъчни води. International Conference „Automatics and Informatics'09“, 29.09-4.10.2009, Sofia, Bulgaria, IV-1-IV-6.
9. Наредба № 6 от 2000 г. за емисионни норми за допустимото съдържание на вредни и опасни вещества в отпадъчните води, зауставни във водни обекти (обн. ДВ, бр. 97 от 2000 г.; изм. и доп. бр. 24 от 2004 г.).
10. Commission Directive 98/15/EC of 27 February 1998 Amending Council Directive 91/271/EEC with Respect to Certain Requirements Established in Annex I.
11. Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 Concerning Urban Waste Water Treatment.

За контакти:

Проф. д-р **Коста Бошнаков**
Химикотехнологичен и металургичен
университет – София
e-mail: kb@uctm.edu

Фотоволтаична централа като допълнителен източник на електрическа енергия

А. Ангелов, Н. Шакев, Г. Ганев

Увод

Устойчивото енергийно развитие, свързано с намаляване на емисиите на парникови газове, е изведено като център на европейската енергийна политика. Използването на възобновяеми източници на енергия (ВЕИ) се разглежда като един от основните фактори за преминаване към ниско-въглеродни икономики [1,2,3].

Чрез Директива 2009/28/ЕО на Европейския парламент се установява обща рамка за насърчаването на енергията от възобновяеми източници. С нея се задават задължителни национални цели за общия дял на енергия от възобновяеми източници в брутно крайно потребление на енергия. Всяка държава членка приема национален план за действие относно енергията от възобновяеми източници.

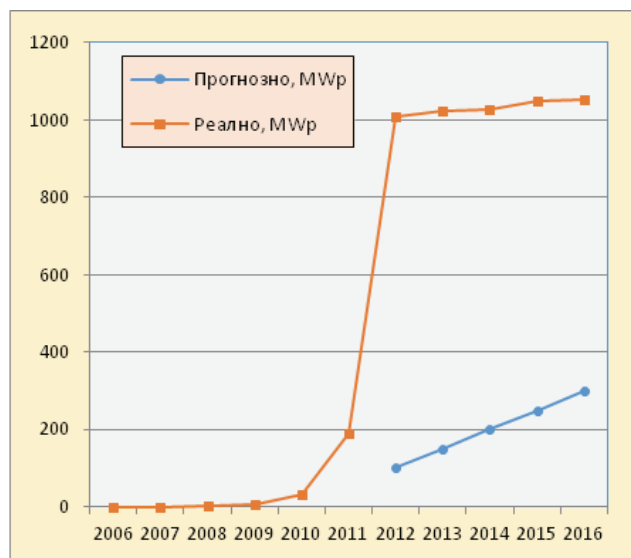
През юни 2007 г. България приема Закон за енергията от възобновяеми източници, който насърчава развитието на производството и потреблението на енергия, произведена от ВЕИ. С приемане на решение на ДКЕВР през март 2008 г. се въвежда и преференциална цена за изкупуване на тази енергия. Разработен е План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за десетгодишен период [4]. В този документ се анализират техническите възможности за управление на електроенергийната система (ЕЕС) на страната при съществуващата наличност и планираното развитие на производствените мощности, като сериозно внимание се обръща и на производителите от ВЕИ и особеностите, свързани с управлението им. Направеният към 2010 г. анализ показва, че за да се гарантира качеството на управление и сигурността на електроенергийните доставки, е необходимо до 2020 г. инсталираната мощност на фотоволтаични електроцентрали (ФЕЦ) да не надвишава 600 MW.

Приетите стимули за развитието на ФЕЦ доведоха до рязко увеличаване на инвестициите в този сектор. Наличието на съществена разлика между реално инсталираната и планираната мощност на ФЕЦ (фиг. 1) може да предизвика големи и внезапни промени в баланса производство – потребление на ЕЕС. При недостатъчни регулиращи мощности (осигурявани основно от ВЕЦ) се затруднява балансирането на системата и гарантирането на нейната сигурност, устойчивост и непрекъсната работа.

Като логично следствие беше ограничено присъединяването на нови обекти за производство на електрическа енергия (ЕЕ) от ФЕЦ към преносната и разпределителните електрически мрежи [5]. По този начин се дава приоритет на

централи с относително малка инсталирана мощност¹ (до 200 kWp), които да бъдат изградени върху покривни и фасадни конструкции на сгради за производствени и складови дейности.

Въвеждането на тези ограничения категорично не променя националния ангажимент за насърчаване на използването на ЕЕ от ВЕИ. По-нататъшното развитие на сектора обаче изисква намирането на икономически ефективни решения, които да не водят до значителни небаланси в системата. Този подход съвпада и със



Фиг. 1. Изменение на инсталираните мощности на ФЕЦ в България – очаквани нива съобразно Плана за развитие на преносната електрическа мрежа на България и реално достигнати нива

становището на комисията към Европейския парламент относно Парижкото споразумение за климата, където сред възможните мерки в областта на енергетиката [7] се посочват:

- Нов енергиен модел, основаващ се на енергийната ефективност и на енергията от възобновяеми източници.
- Децентрализация на производството на енергия, по-специално чрез поставяне в по-благоприятно положение на местните кооперации, на гражданските проекти за енергия от възобновяеми източници и на

¹ Инсталираната мощност се измерва в kWp - представлява мощността, генерирана от ФЕЦ при стандартни тестови условия и измерена в kW.

дейностите, насочени към стимулиране на собствено производство и потребление.

- Изграждане на интелигентни мрежи и управление на енергийното търсене, когенерация, инфраструктура за алтернативни горива и използване на термопомпи; потребление на собствено производство.

В статията се разглеждат възможностите за използването на ФЕЦ като допълнителен източник на електрическа енергия за обекти, свързани с електрическата мрежа. Тази концепция съответства на целите и мерките, заложи в Парижкото споразумение, като същевременно не води до допълнителни затруднения при управлението на ЕЕС. Предложени са подходи за определяне на инсталираната мощност и анализи за ефективността на тези централи.

Задоволяване на част от собственото потребление чрез използване на ФЕЦ

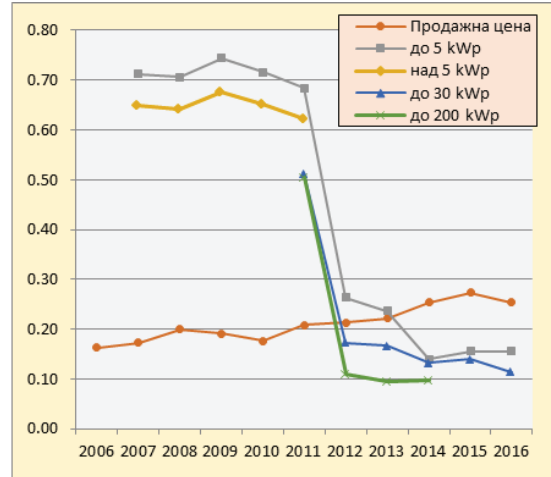
На *фиг. 2* е показано изменението на изкупните цени на ЕЕ, произведена от ФЕЦ (разделена на четири групи – до/над 5 kWp, до 30 kWp и до 200 kWp инсталирана мощност) и на продажните цени на ЕЕ, приети от ДКЕВР през годините 2006-2016 г.

Непрекъснатото поевтиняване на технологиите, свързани с изграждане на ФЕЦ, е една от причините за силното намаляване на преференциалните цени на произведената ЕЕ. От друга страна, намаляването на световните енергийни запаси води след себе си непрекъснато плавно увеличаване на цената на ЕЕ към крайните клиенти. Както се вижда от графиките на *фиг. 2*, към настоящия момент сключването на нови договори за изкупуване на ЕЕ от ФЕЦ се извършва при цени, по-ниски от продажните цени за потребители. В тези условия особено актуално решение може да се окаже използването на ФЕЦ за задоволяване на част от собственото потребление на ЕЕ за обекти, свързани към електрическата мрежа. При тази концепция икономическите ползи за потребителя ще се състоят в намалената консумация на ЕЕ от мрежата. От друга страна, ползите за електроенергийната система се изразяват в ограничаване на производството на подобни ФЕЦ до размера на собствената консумация и създаване на стимули за консуматорите да потребяват енергия в периодите, когато има максимум на производството от локалната ФЕЦ.

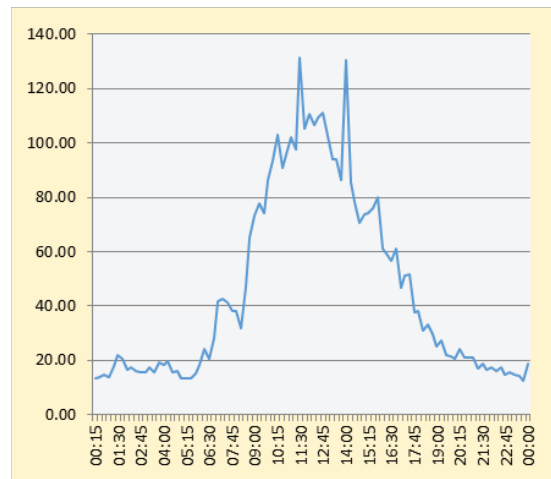
Анализ на товарите и производствените графици. От съществено значение за ефективността на локалната ФЕЦ е максималното оползотворяване на произведената енергия от страна на консуматора. По тази причина трябва да бъдат анализирани денонощните и сезонните товарни графици на обекта и производствените графици на ФЕЦ.

Представените анализи са илюстрирани със събрани данни за потреблението на конкретен обект – IV учебен корпус на ТУ – София, филиал Пловдив. Сградата е с плосък, на места скосен покрив, има различни по големина тераси, заемащи около 14% от застроената площ. Обектът се захранва от трафопост 20/0.4 kV, а предоставената мощ-

ност е 623 kW. Общото потреблението на ЕЕ се регистрира със система Power Logic на фирма Schneider Electric. Тя включва персонален компютър със съответното програмно осигуряване (програмата System Manager Software), измерители на електроенергия CM4250 и PM710, свързани със серийна шина RS485, и токови трансформатори.



Фиг. 2. Изменение на изкупните цени на ЕЕ, произвеждана от фотоволтаични централи, и цена на ЕЕ, продавана на регулирания пазар, лв./kWh

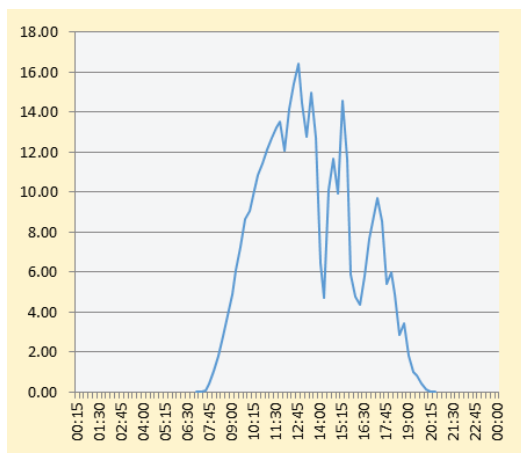


Фиг. 3. Типичен товаров график на обекта, показващ изменението на консумираната мощност в kW за едно денонощие

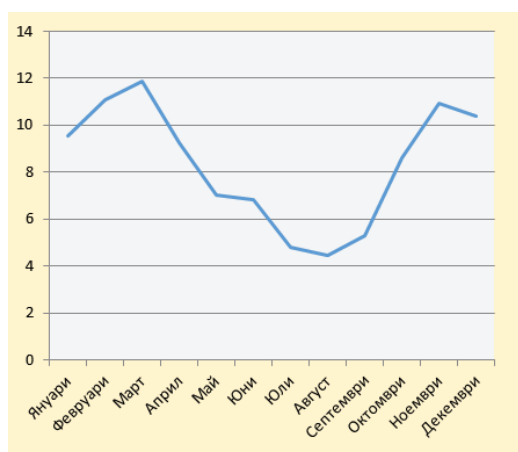
Производствените графици на ФЕЦ зависят силно от климатичните условия, интензивността на слънчевата радиация, географското положение и други. По тази причина за целите на направения анализ са използвани графици от ФЕЦ, разположена в непосредствена близост до консуматора.

Съпоставяйки двата денонощни графика – на разглеждания консуматор (*фиг. 3*) и на централата (*фиг. 4*), може да се направи изводът, че графиците имат сходна форма, т.е. основната част от консумацията и производството стават през светлата част на денонощието. Това е сериозна предпоставка за ефективно използване на ФЕЦ като допълнителен източник на ЕЕ. Трябва да се отбележи и съществуването на сезонно разминаване между потребената от обекта

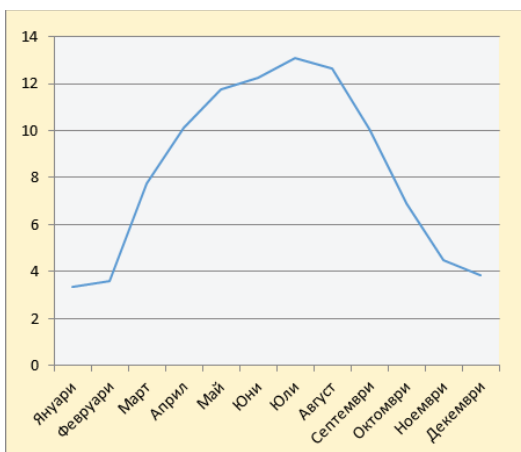
и генерираната от централата ЕЕ. Докато за консуматора е характерно повишено потребление през зимните месеци и относително слабо потребление през летните месеци (фиг. 5), то за генерирането на ЕЕ е обратното – повишено производство през летните месеци и относително слабо производство през зимните месеци (фиг. 6).



Фиг. 4. Типичен график за производство на ЕЕ от ФЕЦ, разположена в близост до обекта, показващ изменението на генерираната мощност в kW за едно денонощие



Фиг. 5. Относително средномесечно потребление на ЕЕ като процент от годишната консумация на обекта



Фиг. 6. Относително средномесечно производство на ЕЕ като процент от годишното производство на ФЕЦ

Анализ за оптималност на проектната мощност на ФЕЦ

Генерираната електрическа енергия от ФЕЦ може да се използва успешно за частично покриване на потреблението на обекта. За определяне на инсталираната мощност може да се дефинират различни критерии за оптимизация [8]. Типични критерии могат да бъдат:

Критерий 1. Максимална генерирана ЕЕ. Целта на оразмеряването е да се произведе възможно най-много ЕЕ от ФЕЦ. В този случай номиналната мощност на централата се определя от други ограничения като наличие на свободно пространство за монтиране на фотоволтаичните панели или ограничения, свързани с финансирането. Оптимизационната задача може да се формулира като задача за генериране на максимално количество ЕЕ при изменение на наклона и позицията на фотоволтаичните панели върху ограничена площ. Като допълнителен фактор може да бъде отчетен и т. нар. специфично производство, което представлява отношението между произведената електроенергия [kWh] към инсталирана мощност на модулите [kWp]. Това специфично производствено отношение се влияе от наклона на модулите, ориентацията им спрямо географските посоки и други.

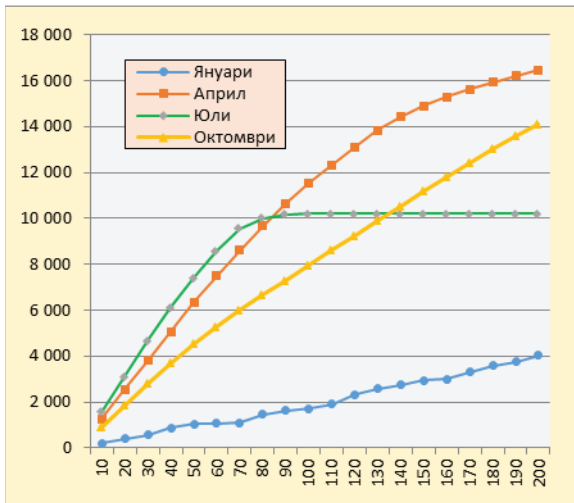
Табл. 1. Максимална инсталирана мощност на ФЕЦ и стойности на специфично производство. Резултатите са изчислени за конкретната изследвана сграда при използване на различен наклон на фотоволтаичните модули

	№ 1	№ 2	№ 3
Наклон на модулите	10°	15°	20°
Максимална инсталирана мощност при избрания наклон и съществуващите пространствени ограничения, kWp	80.00	71.00	61.00
Специфично производство, kWh/kWp	1246	1265	1278

Критерий 2. Минимална неизползвана ЕЕ. Тъй като генерираната енергия, която не се използва за покриване на собственото потребление няма да доведе до икономически ползи за инвеститора, критерият може да бъде: изграждане на ФЕЦ с мощност, при която количеството неизползвана от консуматора ЕЕ ще бъде минимално. При този критерий освен производството се отчита и възможността генерираната ЕЕ да бъде оползотворена от консуматора.

На фиг. 7 е показано как нараства произведената от ФЕЦ и същевременно консумирана от обекта ЕЕ, когато се увеличава инсталираната мощност на ФЕЦ. Първоначалното увеличаване на инсталираната мощност води до линейно увеличаване на дела на консумираната енергия. Постепенно се достига до зона на насищане, където по-нататъшното нарастване на инсталираната мощност не води до съществено нарастване на оползотворената ЕЕ. Излишъкът от генерирана енергия се отдава към електрическата мрежа. Съответно на фиг. 8 е показано изменението на генерираната от ФЕЦ и неизползвана от консуматора електрическа

енергия (излишок от произведена ЕЕ) при изменение на инсталираната мощност.



Фиг. 7. Електрическа енергия, произведена от ФЕЦ и потребена от консуматора (kWh) в зависимост от инсталираната мощност на ФЕЦ, kWp

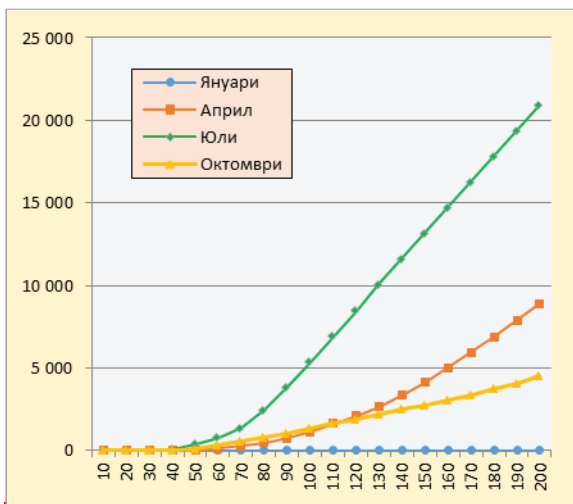
Зависимостта между произведената и едновременно с това консумирана ЕЕ, спрямо мощността на ФЕЦ може да се апроксимира със следния израз:

$$(1) E = \alpha(1 - e^{-\beta P})$$

където α и β са определени експериментално коефициенти; P е инсталираната мощност на ФЕЦ.

За удовлетворяване на критерия трябва инсталираната мощност да бъде в участъка от кривата на фиг. 8, в които стойностите на произведената, но неизползвана от консуматора ЕЕ са минимални.

Както се вижда и от графиките на фиг. 7 и фиг. 8, зависимостите се различават силно за различните сезони.



Фиг. 8. Електрическа енергия, произведена от ФЕЦ и неизползвана от консуматора (kWh) в зависимост от инсталираната мощност на ФЕЦ, kWp

Критерий 3. Минимален срок за изплащане на направената инвестиция. Първите два критерия обхващат само генерирането на енергия и нейното оползотворяване

от консуматора, докато третият има отношение към икономическите показатели.

За тази цел трябва да се моделира:

а) направената инвестиция като функция на инсталираната мощност. В практиката се е наложил модел, който разделя инвестиционните разходи на две групи: разходи, пропорционални на инсталираната мощност и постоянни разходи (първоначални разходи за проектиране, такси и други).

$$(2) I = d.P + e$$

където I са инвестиционните разходи; P е инсталираната мощност; d и e са параметри на модела и зависят от конкретните цени, които ползва инвеститорът.

б) моделиране на очакваните годишни приходи и разходи.

При концепцията за използване на локална ФЕЦ като допълнителен източник на ЕЕ за обекти, свързани към електрическата мрежа, като желан ефект се явява намаляването на консумация на ЕЕ от електрическата мрежа. Съответно стойността на тази намалена консумация може да се разглежда като приход. Тогава годишните приходи ще бъдат

$$(3) N = E.c$$

N – приходи, E – консумирана електрическа енергия от ФЕЦ за една година; c – средна цена на доставяната електрическа енергия за периода.

Разходите за поддръжка M са пропорционални на инсталираната мощност:

$$(4) M = m.P$$

m – годишни разходи за поддръжка на 1 kWp инсталирана мощност.

Срокът за изплащане на централата ще бъде

$$(5) T = \frac{dP + e}{E.c - mP}$$

Вече анализирахме изменението на E в зависимост от инсталираната мощност. Остава да отчетем различните възможности за доставка на електрическа енергия, които обектът може да използва. Направени са изследвания за икономическите ефекти от използването на произведената от ФЕЦ електрическа енергия за три различни случая: 1. Обектът участва на свободния пазар на ЕЕ. 2. Обектът е присъединен към мрежа ниско напрежение (НН) като небитов клиент. 3. Обектът е присъединен към мрежа НН като битов клиент.

Обектът участва на свободния пазар на ЕЕ. В този случай потребителят трябва да заявява предварително почасовото потребление на електрическа енергия. За отклонение от предварително заявените количества се налага ценова санкция. Използването на локална ФЕЦ като допълнителен източник на ЕЕ в този случай води до допълнителни предизвикателства – потребителят трябва да прогнозира не само своето потребление на ЕЕ, но също така трябва да прогнозира и количеството ЕЕ, което ще бъде произведено от локалната ФЕЦ. Заявката към доставчика на ЕЕ ще се получи, като от прогнозираната консумация се

извади прогнозираното производство от ФЕЦ. В табл. 2 са представени получени ценови стойности за разглеждания примерен обект. Стойността на заявената ЕЕ се формира на базата на договорената доставна цена и се заплаща за заявката. Стойността от недостиг се формира въз основа на завишена цена за потребената в повече ЕЕ, която се заплаща от потребителя. Стойността на излишък се формира въз основа на по-ниска цена и се възстановява на абоната за заявена и платена, но неизползвана ЕЕ за съответните периоди. Представените резултати са получени при използване на ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) модел за прогнозиране на потреблението [9].

Табл. 2. Стойност на потребената от мрежата ЕЕ, при условие че се използва или не се използва локална ФЕЦ и обектът участва на свободния пазар на ЕЕ

Баланс на ЕЕ	Без ФЕЦ	С ФЕЦ
Стойност на заявена ЕЕ, лева	50 377.77	40 393.62
Стойност на недостиг, лева	4 004.21	5 042.14
Стойност на излишък, лева	694.72	728.24
Обща стойност, лева	47 068.28	36 079.72
Неизползвана ЕЕ от ФЕЦ		1 221.19

Обектът е присъединен към мрежа НН като небитов клиент. При този начин на присъединяване абонатът ползва три часови тарифи: върхова, дневна и нощна тарифа. В табл. 3 са представени изчислените стойности за разглеждания примерен потребител.

Табл. 3. Стойност на потребената от мрежата ЕЕ в лева, при условие че се използва или не се използва локална ФЕЦ и обектът е присъединен към мрежа НН като небитов клиент

Вид тарифа	Без ФЕЦ	С ФЕЦ
Върхова тарифа, лева	25 695.35	20 985.63
Дневна тарифа, лева	35 010.70	26 407.39
Нощна тарифа, лева	9 514.98	9 509.60
Общо, лева	70 221.03	56 902.61

Обектът е присъединен към мрежа НН като битов клиент. В този случай абонатите ползват две тарифи: дневна и нощна. Количествените резултати са представени в табл. 4.

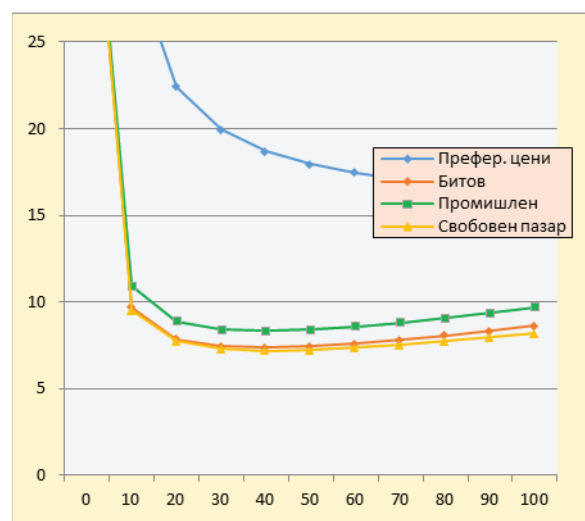
Табл. 4. Стойност на потребената от мрежата ЕЕ в лева, при условие че се използва или не се използва локална ФЕЦ и обектът е присъединен към мрежа НН като битов клиент

Вид тарифа	Без ФЕЦ	С ФЕЦ
Дневна тарифа, лева	55 550.20	43 159.22
Нощна тарифа, лева	9 410.54	9 405.22
Общо, лева	64 960.73	52 564.43

Както е видно от табл. 2, 3 и 4, количествените изчисления показват възможност за конкретния обект чрез използване на локална ФЕЦ да се редуцират плащанията на потребителя за ЕЕ между 19% и 23%.

Графиките на фиг. 9 представят получените резултати за изменението на срока на откупуване на локалната ФЕЦ,

инсталирана на разглеждания обект, при условие че консуматорът участва на свободния пазар на ЕЕ; консуматорът е присъединен към мрежа НН като небитов клиент или произведената ЕЕ се изкупува от електроразпределителните дружества. Резултатите показват следното: ако обектът участва на свободния пазар, минималният срок на откупуване се получава при мощност на централата в границите 39.5-42.0 kWp и срокът на откупуване е малко над седем години; ако обектът е присъединен на НН като небитов потребител, минималният срок на откупуване е малко над осем години и се получава при мощност на централата в границите 37.3-40.2 kWp. За сравнение ако цялата произведена ЕЕ от ФЕЦ се изкупува с договор от електроразпределителното дружество, при мощност на централата в същите граници срокът на откупуване на централата е около деветнадесет години.



Фиг. 9. Срок на откупуване на локалната ФЕЦ в зависимост от нейната мощност

Заклучение

От направеното изследване могат да се направят следните изводи:

1. Цената на ЕЕ, която се произвежда от ФЕЦ, е конкурентна на крайната продажна цена, предоставяна от електроразпределителните дружества. Това дава възможност този тип централи да се използват за задоволяване на част от собственото потребление на консуматори, като едновременно с това се използва и захранване от електрическата мрежа.

2. Срокът на изплащане на централата при покриване на част от потреблението е в разумни граници, което обосновава икономически инвестиране във ФЕЦ с такова приложение.

3. Използването на локална ФЕЦ като допълнителен източник на ЕЕ е концепция, която води до ограничаване на дисбалансите в управлението на ЕЕС, породени от масовото навлизане на фотоволтаиците. Това се дължи не само на естественото ограничаване на мощността на подобни ФЕЦ

до мощността, консумирана от обекта, а и на създаването на икономически стимули за консуматорите да потребяват енергия в периодите, когато има максимум на производството от ФЕЦ. Подобна мотивация може да се окаже важен способ при формирането на отговорно поведение на потребителите.

4. Ефективността на системата може да се повиши, ако се използва и система за акумулиране на енергия, която в моменти на излишък да запасява ЕЕ, а в моменти на недостиг да отдава ЕЕ.

Литература

1. Енергийна стратегия на Република България до 2020 г. за надеждна, ефективна и по-чиста енергия, юни 2011 г.
2. Европейска комисия, 2015. Доклад за напредъка в областта на енергията от възобновяеми източници. <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/BG/1-2015-293-BG-F1-1.PDF>.
3. Закон за възобновяемите и алтернативни енергийни източници и биогоривата. Обн. ДВ, бр. 35 от 3.05.2011, в сила от 3.05.2011, изм. и доп. бр. 29 от 10.04.2012, в сила от 10.04.2012.
4. План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за периода 2010–2020, октомври 2010 г.
5. Решение № ЕМ-01 от 29.06.2012 на ДКЕВР.
6. www.consilium.europa.eu.

7. www.europarl.europa.eu. Към постигане в Париж на ново международно споразумение в областта на климата.

8. Ganev, G., N. Shakev, A. Angelov. Design Approach of Sizing the Rooftop Photovoltaic Plant Based on the Power Consumption. Proceedings of 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), ISBN: 978-1-4673-9521-2, IEEE Catalog Number CFP1628Z-PRT, 29 May – 1 June 2016, Burgas, Bulgaria, 111-114.

9. Ангелов, А., Н. Шакев, Г. Ганев. Прогнозиране на потреблението на електрическа енергия на обществен обект. TECHSYS'2015, Пловдив, 27-32.

За контакти:

Инж. **Александър Ангелов**

ЕСО ЕАД

e-mail: a_angelov.82@abv.bg

Доц. д-р **Никола Шакев**

Технически университет – София, филиал Пловдив

e-mail: shakev@tu-plovdiv.bg

Доц. д-р **Георги Ганев**

Технически университет – София, филиал Пловдив

e-mail: ganev@tu-plovdiv.bg

Софийска енергийна агенция —



Софийска енергийна агенция – СОФЕНА е основана през 2001 г. и оттогава извършва:

- ✓ Проучвания и анализи за енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници.
- ✓ Внедряване на международни стандарти за управление на околната среда и енергиен мениджмънт (ISO 14001 и ISO 50001).
- ✓ Техничко-икономически анализи на енергоспестяващи мерки и техническа помощ при осигуряване на финансиране за тяхното осъществяване.
- ✓ Обучения на служители на фирми, общини и експерти,

✓ Други специфични за клиента консултации в областите на дейност.

СОФЕНА ЕООД е дъщерно дружество на агенцията, създадено за извършване на енергийни обследвания и сертифициране на сгради и енергийни обследвания на промишлени системи и системи за осветление.

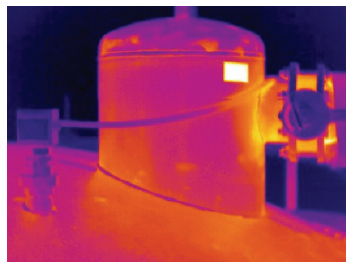
За контакти:

1124 София, ул. Цар Иван Асен II № 65, ет. 1

тел. 02 9434401

e-mail: office@sofena.com

www.sofena.com



Разпознаване на токсични зони в неправилно съхранявани млечни продукти

М. Младенов

Увод

През последните години обществото обръща особено внимание на качеството, безопасността и здравословността на храните, както и на екологичната им чистота.

Безопасността е понятие, свързано с това дали даден продукт оказва вредно въздействие върху здравето или общото състояние на човека. За хранителните продукти безопасността най-често се асоциира с появата и наличието на колонии от мухъл, плесени и болестотворни гъбички и замърсявания, правещи продуктите токсични, както и на наличието на патогенни бактерии с определена концентрация. Задачата за определяне на това дали даден продукт е безопасен или не, може да се окаже ключова при съхранението на храните, особено при неправилни условия на съхранение (неспазени срок на годност, температура, влажност и други).

Здравословността на храните е свързана преди всичко с това дали даден продукт оказва неблагоприятно въздействие върху здравето или общото състояние на човека. За хранителните продукти здравословността най-често се асоциира с наличието на нездравословни компоненти като сол, захари, нитрати, консерванти, синтетични подсладители, моносодиев глутамат, тежки метали, трансмазнини и други. Екологичните храни не съдържат (или съдържат малки количества) опасни и нездравословни компоненти.

Това изследване е свързано с анализ на възможността за оценка на наличието на колонии от мухъл, плесени и болестотворни гъбички (дрожди) в широко разпространени хранителни продукти – бяло саламурено сирене и кашкавал от краве мляко, произведени по стандарт Стара планина. Използвани са съвременни методи за изследване като анализ на цветни изображения, спектрофотометричен анализ и регресионни предсказващи модели. Микробиологичният анализ в оторизирана лаборатория показва, че такива области са токсични и опасни за здравето на консуматора.

Състояние на изследванията

Техниките на компютърното зрение са намерили приложение в редица изследвания за оценка на разнообразни видими и функционални свойства на млечните продукти [2,3,4], свързани с: техните цветови характеристики и текстурни свойства [5,6,7]; топяемостта на сирена [8]; степента на загар и потъмняване [5]; дефектите по повърх-

ността под формата на шупли и дупки; обезмасляването [8]; количеството и разпространението на подправки, зеленчуци и други подобни компоненти [9]; съдържанието на влага [7]; маслеността на сирената [9] и други свойства на млечните продукти [3].

Спектроскопията в близкия инфрачервен спектър (NIRS) и анализът на хиперспектрални изображения в този спектър (NIRHI) са неинвазивни технологии, които най-често се прилагат за определяне на състава на различни продукти като мляко, сирене и кашкавал [10,11], месо и месни продукти [12,13], както и за оценка на основни свойства, свързани с качеството на тези продукти.

Като примери за приложение на NIRS при определяне на различни свойства, свързани с качеството на млечни продукти, могат да бъдат посочени: определяне на зрелостта, сензорните свойства и възрастта на сирена; съдържанието на вода, мазнини и протеини и други.

Един от фундаменталните подходи за оценка на качеството на хранителни продукти се основава на предсказващи модели за свойства, свързани с тяхното качество и преснота [14].

Предсказващи модели за наличието на колонии от гъбички, дрожди и плесени, микробиологичното заразяване, съдържанието на вода, активната киселинност, киселинния градус и други, както и за промяната на тези свойства при тяхното съхранение са представени в [1].

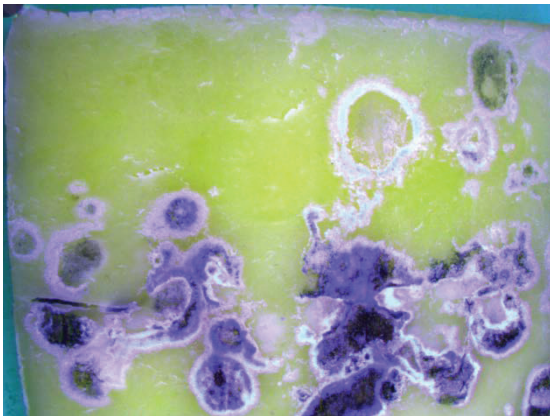
Обекти на изследването и оценявани характеристики

Основни обекти на това изследване са широко разпространени хранителни продукти като бяло саламурено сирене и кашкавал от краве мляко при условия, различни от регламентираните от производителя, в тъмно помещение с температура 20°C.

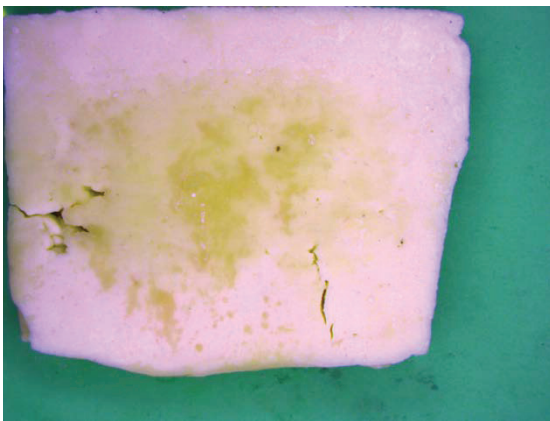
Основни оценявани характеристики на изследваните продукти, свързани с тяхната безопасност и представени в тази публикация, са [1]: промяна на цвета (представена чрез компонентите на RGB цветови модел) в зависимост от времето на съхранение, промяната на киселинния градус °T, наличието на колонии от мухъл (фиг. 1), плесени и болестотворни гъбички (фиг. 2).

Фиг. 1 представя кашкавал от краве мляко, заразен с колонии от мухъл, вследствие от неправилното му съхранение при посочените по-горе условия. Характерна

е значителната промяна на цветовите характеристики на токсичните зони, които варират от бяло, минавайки през различни степени на сиво, достигайки до черно, в зависимост от степента на развитие на областите с мухъл.



Фиг. 1. Области с колонии от мухъл в кашкавал



Фиг. 2. Области с колонии от плесени и болестотворни гъбички в сирене

Фиг. 2 представя бяло саламурено сирене, заразено с колонии от плесени и болестотворни гъбички (дрожди). И в този случай цветовите характеристики на токсичните зони се променят значително, като варират в различни нюанси на жълтия цвят.

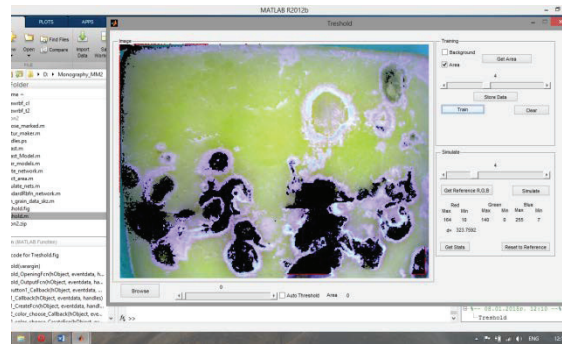
Отделяне на токсични зони посредством анализ на изображения

На фиг. 3 са представени разпознатите колонии от мухъл в кашкавал от краве мляко (представени с черен цвят), като са отделени чрез използване на специфични техники за анализ на цветни изображения, основани на директно преобразуване на цветното изображение в бинарно изображение. При този подход за бинаризация цветното изображение (в случая представено с RGB модел) се преобразува в бинарно по следния начин.

Определят се стойностите на цветовите компоненти във всеки пиксел от изображението на обектната зона (чрез известни техники за анализ на цветни изображения) и общите диапазони на изменение ΔR , ΔG и ΔB (накратко

ще бъдат означавани с $\Delta(RGB)$) на компонентите на модела за всички пиксели от обектната зона. Това се прави върху обучаваща извадка от изображения на изследваните обекти. За всяко ново изображение се анализират стойностите на цвета на всички пиксели, отделят се тези, на които цветовите характеристики попадат в диапазона $\Delta(RGB)$ и се кодират с 1 (т.е. това са пиксели от обекта или от областта на интерес), а всички останали пиксели се кодират с 0 (това са например пикселите от фона).

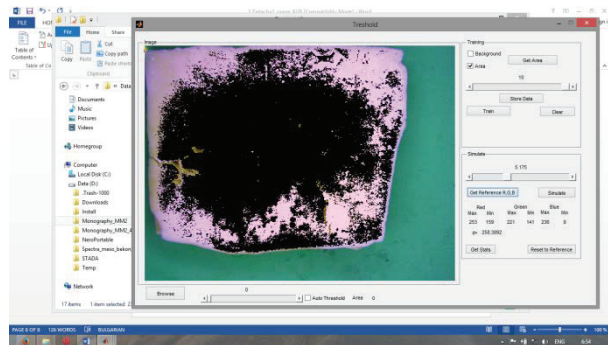
Критичен параметър за това преобразуване е диапазонът Δ . Тъй като цветовите характеристики на изследваните обекти в никакъв случай не могат да се разглеждат като стилизирани и варират нормално в широк диапазон, нормално е да се очаква, че определената въз основа на обучаваща извадка стойност на Δ може да бъде различна от действителната. Това може да повлияе съществено върху характеристиките на бинаризираната обектна зона, включително и върху стойностите на морфологичните параметри.



Фиг. 3. Отделяне на области с колонии от мухъл в кашкавал

В направеното изследване са използвани RGB изображения, а като количествена оценка на промяната на цветността в RGB изображението е приет критерият (1) $\Delta RGB = d = \sqrt{\Delta R^2 + \Delta G^2 + \Delta B^2}$, където ΔR , ΔG и ΔB (накратко означавани с $\Delta(RGB)$) са диапазоните на изменение на компонентите на модела за всички пиксели от обектната зона.

На фиг. 4 са представени разпознатите колонии от плесени и болестотворни гъбички в сирене (представени с черен цвят) въз основа на описания по-горе подход за директно преобразуване на цветното изображение в бинарно изображение.



Фиг. 4. Отделяне на области с колонии от плесени и болестотворни гъбички в сирене

Резултатите от емпиричното изследване показват, че отделянето на токсични зони (области с колонии от мухъл в кашкавал и области с колонии от плесени и болестотворни гъбички в сирене) посредством анализ на изображения, както и оценката на техни морфологични характеристики, е съпроводено с неприемливо големи грешки. Референтните зони са определени от експерт на базата на визуална преценка.

Има няколко основни причини за този резултат:

1. Цветовите характеристики на изследваните зони варират в твърде широк диапазон, дори и в определен момент от съхранението на продукта (фиг. 1 и 2).
2. Силна е промяната на цветовите характеристики на една и съща зона в различни дни от престоя.
3. Изключително силно е влиянието на големината на критерия $\Delta RGB=d$. При сравнително малки вариации на критерия ΔRGB , площите на областите на токсичните зони се променят съществено, а цветовите характеристики на изображението на продукта и на отделни части от него зависят от редица фактори, свързани както с произхода на суровините, така и с характеристиките на процеса на тяхното преработване.

Отделяне на токсични зони посредством анализ на спектрални и хиперспектрални характеристики

Резултатите от емпиричното изследване показват, че отделянето на токсични зони посредством анализ на спектрални и хиперспектрални характеристики става със значително по-висока точност, отколкото чрез анализ на цветни изображения. Това се обуславя от факта, че съставът на токсичните зони е съществено различен от този на области без колонии от мухъл, плесени и болестотворни гъбички.

Това дава възможност не само за по-прецизна оценка на основни характеристики на изследваните зони, но и за създаване на предсказващи модели за: промяната на площта S_{MBC} на колонии от плесени, дрожди или мухъл в зависимост от времето на съхранение; промяната на микробиологичния състав MBC; промяната на киселинния градус $^{\circ}T$; промяната на активната киселинност pH в зависимост от времето на съхранение, както и на други показатели за качеството и безопасността на изследваните продукти.

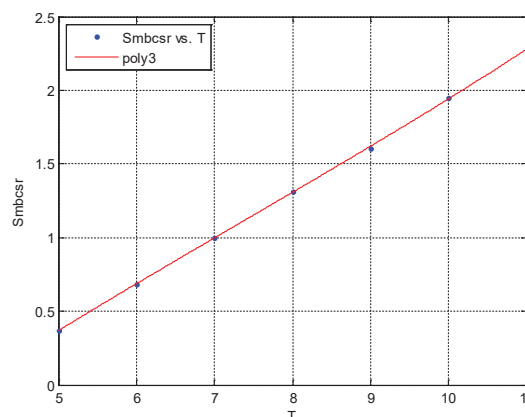
В зависимост от начина на формиране на спектрофотометричната информация спектрофотометрите могат да бъдат обособени в две групи: уреди, работещи със сонди, формиращи информация в малък участък от обекта (обикновено с диаметър няколко милиметра), и уреди, изследващи целия обект. Първият вид уреди са подходящи за оценяване на микробиологичния състав MBC, промяната на киселинния градус $^{\circ}T$ и промяната на активната киселинност pH в изследваните зони.

За оценка на площта S_{MBC} на колонии от плесени, дрожди или мухъл се използва хиперспектрална камера. Тя формира цветно изображение на целия обект и формира спектрална информация във всеки пиксел от изображение-

то. По този начин могат да бъдат идентифицирани пикселите, в които има плесени, дрожди или мухъл и да бъдат обособени заразените области.

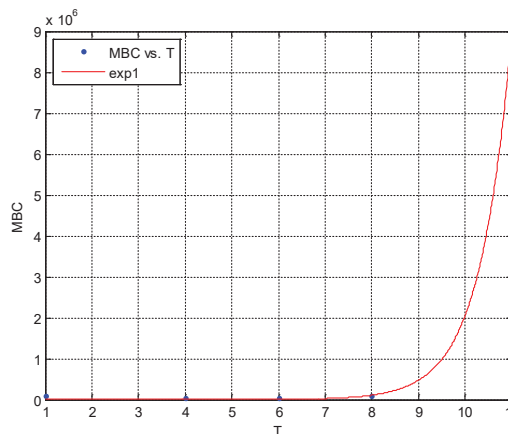
При създаването на предсказващите модели на изследваните продукти предварително бяха подбрани следните аналитични модели: линеен, полиномен от втори ред, полиномен от трети ред и експоненциален. Тези модели пасват най-добре на получените емпирични данни. За апроксимиране на съответните емпирични данни беше избран моделът с най-малка стандартна грешка. Подбраните апроксимиращи модели имат коефициент на Пирсън близък до 1, което показва много добро съответствие с емпиричните данни [1].

По-долу са представени някои от създадените в рамките на изследването предсказващи модели.



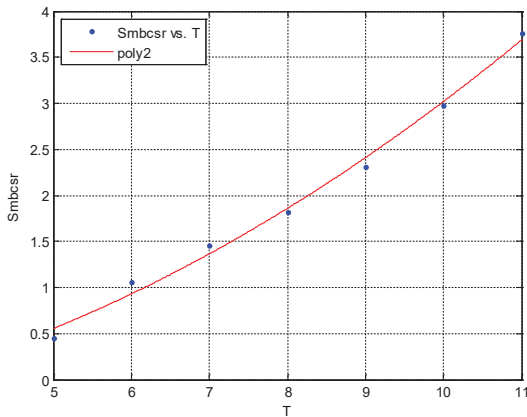
Фиг. 5. Предсказващ модел за промяна на площта на колония от мухъл на кашкавал като функция на престоя. Аналитичният модел има вида

$$(2) Smbcsr = 0.0008889 \cdot T^3 - 0.01954 \cdot T^2 + 0.4521 \cdot T - 1.516$$



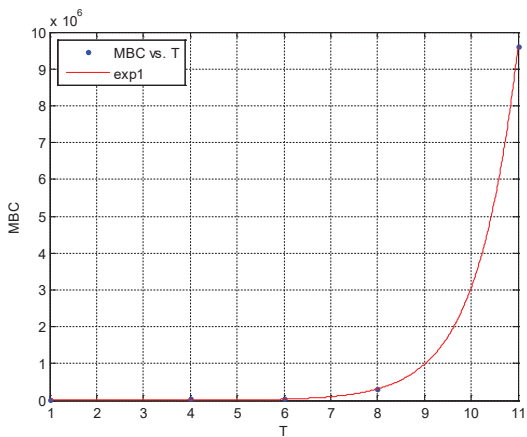
Фиг. 6. Предсказващ модел за промяна на микробиологичния състав MBC на кашкавал като функция на престоя с аналитичен модел

$$(3) MBC = 0.8035 \cdot e^{(1.475 \cdot T)}$$



Фиг. 7. Предсказващ модел за промяна на площта на колонията плесени и дрожди на сирене като функция на престоя с аналитичен модел

$$(4) Smbcsr = 0.029143 * T^2 + 0.055786 * T - 0.45457$$



Фиг. 8. Предсказващ модел за промяна на микробиологичния състав MBC на сирене като функция на престоя с аналитичен модел

$$(4) MBC = 32.6 * e^{(1.145 * T)}$$

За извличане на свойства от изходните спектрални характеристики и за намаляване на размерността на данните е използван известният PCA метод, като броят K на главните компоненти е вариран от 3 до 10. Сравнително малкият диапазон на промяна на грешката от препокриване на класовете от данни при вариране на броя K на главните компоненти между 3 и 10 показва, че характеристики на входните данни са такива, че дори и при K=3 главните компоненти включват достатъчно голяма част от входните данни за получаване на достатъчно точни оценки [1].

В рамките на изследването моделите са представени с техни основни количествени характеристики като вид на свойство (X_{IPSA}), вид на модела (например линеен), ОНМК (оценката по метода на най-малките квадрати), обща девиация на X_{IPSA} , обяснена дисперсия, стандартна грешка на модела, коефициент на Пирсън.

Прилагането на предсказващи модели от вида $X_{IPSA} = f(T_i)$ за оценяване на безопасността на хранителни продукти има следните предимства:

1. Дава възможност за определяне на дадено свойство във всеки момент от времето на съхранение, включително и в бъдещ момент.

2. Може да бъде определено допустимото време за съхранение T_{iadm} чрез задаване на допустима стойност на съответното свойство X_{iadm} .

Като недостатъци могат да се посочат сравнително високата сложност на процедурата за формиране на предсказващи модели и голямото времетраене на референтните изследвания, което за разглежданите продукти е не по-малко от седем дни.

Заклучение

Резултатите от сравнителния анализ на представените подходи за отделяне на токсични зони в бяло саламурено сирене (колонии от плесени и дрожди) и кашкавал от краве мляко (колонии от мухъл) и за оценяване на техни основни характеристики дават възможност да бъдат направени следните обобщения:

1. Отделянето на токсични зони (области с колонии от мухъл в кашкавал и области с колонии от плесени и ботлестотворни гъбички в сирене) посредством анализ на изображения, както и оценката на техни морфологични характеристики са съпроводени с неприемливо големи грешки.

2. Отделянето на токсични зони посредством анализ на спектрални и хиперспектрални характеристики става със значително по-висока точност отколкото чрез анализ на цветни изображения. Това дава възможност не само за по-прецизна оценка на основни характеристики на изследваните зони, но и за създаване на сравнително точни предсказващи модели за промяна на зоните в процеса на съхранение на изследваните продукти.

3. Прилагането на предсказващи модели от вида $X_{IPSA} = f(T_i)$ за оценяване на безопасността на хранителни продукти има следните предимства:

- Дава възможност за определяне на дадено свойство във всеки момент от времето на съхранение, включително и в бъдещ момент.

- Може да бъде определено допустимото време за съхранение T_{iadm} чрез задаване на допустима стойност на съответното свойство X_{iadm} .

4. Като недостатъци могат да се посочат сравнително високата сложност на процедурата за формиране на предсказващи модели и голямото времетраене на референтните изследвания, което за разглежданите продукти е не по-малко от седем дни.

Литература

1. Младенов, М. И. Комплексна оценка на качеството на хранителни продукти посредством анализ на визуални изображения, спектрални и хиперспектрални характеристики. Монография. Университетски издателски център на Русенски университет "Ангел Кънчев", 2015.
2. Da-Wen Sun (Editor). Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Academic Press, Elsevier London, UK, 2008.

3. Hai-Hong Wang, Da-Wen Sun. Evaluation of the Functional Properties of Cheddar Cheese Using a Computer Vision Method, 2000.
4. Kumar, Pavan, Neelesh Sharma, Sunil Kumar, Z. F. Bhat and Dong-Kee Jeong. Online Evaluation of Dairy Products, 60 SMVS' Dairy Year Book 2012-13 – OEО, 2013.
5. Jelinski, T., Cheng-Jin Du, Da-Wen Sun, J. Fornal. Inspection of the Distribution and Amount of Ingredients in Pasteurized Cheese by Computer Vision. – *Journal of Food Engineering*, 83, 2007.
6. Jha, S. N., T. Matsuoka. Detection of Adulterants in Milk Using Near Infrared Spectroscopy. – *J. Food Sci. Technology*, 41, 3, 2004, 313-316.
7. Tsenkova, R., H. Meilina, S. Kuroki, D. Burns. Near Infrared Spectroscopy Using Short Wavelengths and Leave-one-cow-out Cross-validation for Quantification of Somatic Cells in Milk. – *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 17 2010, 6, 2-10, 345–352.
8. Hai-Hong Wang, Da-Wen Sun. Evaluation of the Oiling off Property of Cheese with Computer Vision: Correlation with Fat Ring Test. – *Journal of Food Engineering*, 61, 2004.
9. McQueen, D., Jin Du, Da-Wen Sun, J. Fornal. Inspection of the Distribution and Amount of Ingredients in Pasteurized Cheese by Computer Vision. – *Journal of Food Engineering*, 83, 2007.
10. Horváth, K., Z. Seregély, É. Andrásy, I. Dalmadi, J. Farkas. A Preliminary Study Using Near Infrared Spectroscopy to Evaluate Freshness and Detect Spoilage in Sliced Pork Meat. – *Acta Alimentaria*, 37, 2008, No. 1, 93–102.
11. Prieto N., D. Ross, E. Navajas et al. On-line Application of Visible and Near Infrared Reflectance Spectroscopy to Predict Chemical-Physical and Sensory Characteristics of Beef Quality. – *Meat Science*, 83, 2009, No. 1, 96–103.
12. Ripoll G., P. Alberti, B. Panea., J. Olleta, C. Sanudo. Near Infrared Reflectance Spectroscopy for Predicting Chemical, Instrumental and Sensory Quality of Beef. – *Meat Science*, 80, 2008, No. 3, 697–702.
13. Wu, J., Y. Peng, Y. Li, W. Wang, J. Chen, S. Dhakal. Prediction of Beef Quality Attributes Using VIS/NIR Hyperspectral Scattering Imaging Technique. – *Journal of Food Engineering*, 109 2012, No. 2, 267–273.
14. Fakruddin, M., R. Mazumder, K. Shahnewaj, B. Mannan. Predictive Microbiology: Modeling Microbial Responses in Food. – *Ceylon Journal of Science (Bio. Sci.)*, 40, 2011, No. 2, 121-131.

За контакти:

Проф. д.т.н. **Миролюб Младенов**
Катедра „Автоматика и мехатроника“
Русенски университет „Ангел Кънчев“
ул. Студентска 8, 7017 Русе
e-mail: mladenov@uni-ruse.bg.

in memoriam

Петър Ангелов Петров

На 22 ноември 2017 г. почина нашият колега и дългогодишен член на САИ „Джон Атанасов“ доц. Петър Ангелов Петров.

Целият живот на доц. Петър Петров беше посветен на създаването и развитието на различни направления в електрониката, системотехниката и компютърната техника.Т

Той участваше активно в разработването и внедряването на първите български управляващи компютърни системи за оперативно управление на промишлен транспорт – АСТРА-ТРАСИ, както и на редица други технически системи и устройства.

Като заместник-директор от 1979 г до 1982 г. той допринесе твърде много за укрепването на Института по техническа кибернетика и роботика (ИТКР) при БАН и за неговата успешна дейност в областта на персоналните компютри и промишлени работи.

Осъществяваше активна дейност в научното отделение

по основни проблеми на техническите науки (НООПТН) при БАН, чиито заместник-директор беше в периода от 1982 до 1989 г.

Има множество изобретения и патенти и е носител на значката „Почетен изобретател“. Притежава наградата на БАН и СУ „Св. Климент Охридски“ за науките за земята и техническите науки, както и на множество държавни и обществени отличия.

През последните години работи активно по документирането и описанието на историята на инженерните науки в БАН и публикува няколко статии по тази тема в списание „Автоматика и информатика“.

Ползваше се с името на скромен, трудолюбив, настойчив инженер-изследовател, както и на благожелателен и отзивчив човек и приятел. Такъв ще го запомнят многобройните му колеги от цялата страна.

Поклон пред светлата му памет!

Обработка на бази с биометрични и медицински данни

М. Стоева, В. Божикова, Г. Кунев

Увод

С развитието на образната диагностика в областта на медицината се произвеждат все по-разнообразни и по-големи колекции цифрови изображения. Те се използват за диагностика, терапия и обучение. Тези големи количества изображения налагат организирането им в бази от данни с осигуряване на съдържателно базиран достъп до тях. Системите за изображения и изобразителните архиви често се вписват като важен икономически и клиничен фактор в болничната среда [4]. Преди повече от десет години вече са предлагани приложения на няколко метода от областта на компютърната визия и обработката на изображения в медицината [12]. Техниките за подпомагане на клиничните решения като разсъждения на базата на казуси [8,7,9] или терапия на базата на доказателства [3] [1] могат да имат необходимост от извличане на онези от съхранените изображения, които да са ценни за поставянето на определени диагнози. Има две основни идеи за процеса на вземане на клинични решения. Първата е да се предоставят на лекаря случаи, които предлагат подобни по визуални характеристики медицински случаи. Втората идея е създаването на бази данни, съдържащи нормални (не патологични) случаи и оценка на разликата на новия случай и вече съществуващите случаи. В случая се прави търсене на несъответствие – разстояние до нормалност (в противоположност на извличането на подобие). За да се постигне използване на визуалните и текстобазирани методи за достъп до пълния им потенциал във всяко конкретно приложение, трябва да се търсят добре дефинирани и прецизно параметризирани решения [2].

Могат да бъдат посочени три големи области на приложение на съдържателнобазирани на методи за достъп в медицината, а именно за диагностика, изследване и обучение. Други важни области са автоматичното описание на съдържанието на медицинските изображения и тяхната класификация. Съществуват редица области, близки до медицинската, в които също са предложени или вече са приложени методи за съдържателнобазиран достъп до визуални данни. В статията [10] се прави преглед на наличната литература в областта на базираните на съдържание достъп до медицински изображения и на технологиите, използвани в тази област.

Съвременният изследователски интерес към медицинските бази данни от изображения (МБДИ) е породен от постоянното увеличаване на броя и размерите на медицинските изобразителни колекции и е съсредоточен върху развитието на съдържателнобазираните МБДИ в контекста на обектнорелационния модел и философията на

заявка по изобразителен пример. Този клас използва редица нови подходи, при които вместо ръчно да се създават анотации чрез ключови думи, изображенията се описват със свойства, автоматично извлечени от тяхното действително съдържание. Развитието на тези системи се основава на три основни базиса: автоматично извличане на характеристиките на изображението, многомерно индексирание и възстановяване на изображения от БДИ. Повечето от наличните системи с бази данни от изображения са разработени в академични среди. Някои от добре познатите са системите Candid [6], Photo Book [10] и Netra [8], като всички те използват прости цветове и текстури, за да опишат съдържанието на изображенията. Повечето от тези системи имат много подобна архитектура, инструменти за извличане на визуални свойства, методи за съхранение и възстановяване по изобразителни заявки, дистанционни мерки за оценяване на подобията, както и графичен потребителски интерфейс.

В медицинските и биометричните приложения обикновено към изображенията се прикачва и поясняващ текст. В тези случаи текстът може да бъде използван като начална заявка към базата данни и след като бъдат открити по текстовата заявка визуално подходящите изображения, допълнително те могат да се рзглеждат за търсене на най-визуално подобните случаи. Системите с БДМИ използват няколко нови подхода, в които вместо ръчно създаване на пояснения с ключови думи, изображенията се описват с атрибути, които автоматично се извличат от тяхното истинско съдържание. Тези атрибути се конструират, използвайки различни изобразителни свойства като цвят, текстура и форма и пространствено разположение на графичните обекти в изображенията. Особено интересни подходи за възстановяване по подобие на формата са представени в [11], който използва като заявка скица и оценява подобие то чрез колекция от скици и специфични трансформации. Разработването на системите със съдържателно базиран достъп се основава на три главни бази: автоматично извличане на характеристиките на изображението, индексирание на множество размери и извличане на изображения от базите данни от изображения.

Подходът, представян в тази работа, осигурява достъп до формата на значими за различни области от медицината изобразителни обекти, чиито изображения са получени в цифров вид, и е особено полезен при изследвания на деформации, степени на отклонения от норми, контузии и други.

Подходът има предимството спрямо методите, използвани в съвременни медицински БДИ, като тази в медицинска информационна система CANDID [6], да постига

резултати, инвариантни по отношение на произволни композиции от графичните трансформации (транслация, мащабиране, ротация, рефлексия) и смяна на гледната точка на обработваните изображения.

Подходът включва оригинално описание на формата на обектите от изображенията във вид на многоразмерен атрибут, съхраняван в база от изобразителни данни, и техника за откриване и намиране в базата данни на изображение, еднакво по форма със зададеното изображение – заявка. Обработката на заявката е подкрепена от дефинирането на съобразена със спецификата на приложението дистанция, отчитаща различието във формата между два обекта.

Експериментите на подхода, изследващ биометрично формата на медицинските изобразителни обекти, доказват неговата инвариантност по отношение на произволни трансформации, както и способността на дефинираната дистанция да улавя както големи, така и малки разлики във формата на изобразителните обекти.

Подход за достъп до формата на обекти от изображения

Подходът включва оригинално описание на формата на обектите от изображенията и техника за откриване и намиране в базата данни на изображение, еднакво по форма със зададеното изображение – заявка.

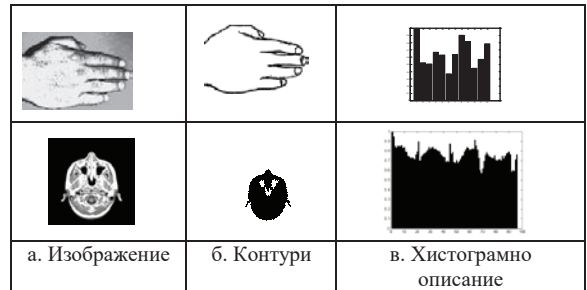
Описание на формата на обекти от медицински изображения

От черно-бели изображения, съдържащи по един обект F , от координатите на външния му контур се определят параметрите на композицията: центърът на тежестта на точките от външния контур – точката $O(x_0, y_0)$, на максималното евклидово разстояние от центъра на тежестта до точките от външния контур r_{0max} и на една начална за външния контур точка. Инвариантност на описание на фигурата и от ъгъла на произволна ротация се постига с еднозначно определяне на една точка от външния контур, наречена начална точка. Изборът на начална точка от множеството точки на външния контур става чрез въвеждането на многостъпков критерий, приложен към геометричните свойства на фигурата, като последователно се прилага за три различни измервания P върху геометрията на точките от външния контур.

$$(1) \quad \begin{aligned} x'_{ji} &= \frac{1}{r_{0max}}(x_{ji} - x_0) \cos \alpha + \frac{1}{r_{0max}}(y_{ji} - y_0) \sin \alpha \\ y'_{ji} &= -\frac{1}{r_{0max}}(x_{ji} - x_0) \sin \alpha + \frac{1}{r_{0max}}(y_{ji} - y_0) \cos \alpha \end{aligned}$$

Трансформацията на входните данни подготвя едно нормализирано представяне на контурите на обекта и се представя с уравнения (1), където: (x_{ji}, y_{ji}) – декартови ко-

ординати на i -та точка в j -ия контур, (x_0, y_0) – координати на центъра на тежестта на външния контур, r_{0max} – максималното евклидово разстояние от центъра на тежестта до точките от външния контур, α – ъгъл, равен на този, който сключва радиус-векторът на началния за контура пиксел с положителната първоначална ос X .



Фиг. 1. Илюстрация на получаване на описанието на обектната форма: а) изображение; б) контури; в) хистограмно описание

От така преобразуваните координати на контурите се получава хистограмно описание на формата на обекта, формиращо многомерния индекс $F_{\Theta} = (F_{\Theta i})$, $1 \leq i \leq l$. Стълбовете на хистограмното описание се определят от пресечните точки на преобразуваните контури с четирите оси, минаващи през началото на координатната система и разположени на равни стъпки $\Delta\Theta = \pi/4$ в кръгова посока.

$$(2) \quad F_{\Theta}(f_i, f_{i+1}, f_{i+2l}) = \begin{cases} f_i = \frac{1}{r_{0max}} \max(r_{0i}) \\ f_{i+1} = \frac{1}{r_{0max}} \min(r_{02i}) \\ f_{i+2l} = \frac{1}{r_{0max}} \sum_{j=0}^{n-1} (-1)^j (r_{j1i} - r_{j2i}) \end{cases}$$

Нека права, минаваща през началото на координатната система и сключваща ъгъл Θ_i с положителната посока на оста X , пресича контурите C_j на обекта в точки с координати $F \cap \Theta_i = ((r_{j1i}, r_{j2i}), 0 \leq j < n)$, където i е поредният номер на пресичащата права ($1 \leq i \leq l$), l е общият брой на пресичащите прави (дължината на описанието $L=3l$), r_{j1i}, r_{j2i} са радиус-векторите на пресечните точки на правата с индекс i с контура j и r_{0max} – максималното евклидово разстояние от центъра на тежестта до точките от външния контур.

Описанието на формата $F(f_1, f_2, \dots, f_{3l})$ се задава със зависимост (2) и формира $3l$ -размерен описателен вектор за форма, съхраняван в базата данни от изображения. Фиг. 1 представя етапите на получаването на описание на формата във вид на многоразмерен атрибут на два вида медицински обекти.

Обработка на заявка към МБДИ

Техниката за възстановяване на изображения от БДИ като отговор на заявка по изобразителен пример за форма

на обект е съобразена с типичната методология за обработка на подобностни заявки, като включва дефинирането на квадратична подобностна хистограмна дистанционна мярка. Тя отчита семантиката на хистограмното описание и е инвариантна по отношение на всякакви смесени трансформации. Подобностната дистанция представя степента на подобие между нормализираните хистограмни описания на заявковото изображение и поредното обектно изображение, съхранявано в базата данни; оценява се със стойността $D(Q,F) \in [0;1]$ и отчита стойност 0 за еднакви по форма обекти. На базата на стойностите на подобностната дистанция на всяко изображение до останалите може да се получи едно подобностно подреждане по форма.

Нека заявката за подобие по форма да е изображението на графичен обект, чието автоматично извлечено хистограмно описание е представено с $Q(q_1, q_2, \dots, q_L)$, а описанието на изображение от базата данни има хистограмно описание $F(f_1, f_2, \dots, f_L)$, където q_i, f_i са хистограми, а L е размерът на описанието, който е кратен на 3 и C е константа. Подобностната дистанция между описанието на заявката Q и описанието на изображение от базата данни F в случая на разглеждания подход за възстановяване се определя със зависимостта (3).

$$(3) \quad D(Q, F) = \frac{1}{C^2 L} \min \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^L (q_i - f_i)^2 \\ (q_1 - f_1)^2 + (q_{L/3+1} - f_{L/3+1})^2 + \\ (q_{2L/3+1} - f_{2L/3+1})^2 + \\ (q_i - f_{2L/3+2-i})^2 + \\ \sum_{i=1}^{L/3} (q_{L/3+i} - f_{L/3+2-i})^2 + \\ (q_{2L/3+i} - f_{3L/3+2-i})^2 \end{array} \right.$$

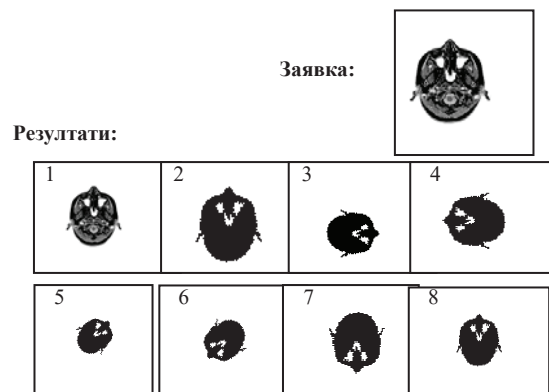
Така дефинираната дистанция на подобие е съобразена със спецификата на медицинските приложения и отчита различието във формата между два обекта.

Експерименти с биометрични и медицински приложения на подхода

Разработеният формоизследващ подход е изследван експериментално, използвайки данните от две области на приложения. Първото приложение има за цел идентификация и верификация на лични данни в бази данни, съдържащи изображения на уникални в биометричен смисъл човешки органи като дланите на ръцете и ушната мида. Второто приложение използва съхранени цифрови изображения за медицински цели като изследвания на деформации, степени на отклонения от установени норми като контузии и други.

Първият, представен на *фиг. 2*, експеримент е с изобразителни данни, използвани за неврологични изследвания и има за цел да оцени стабилността на подхода по отношение на трансформации при възстановяване от БДИ и функционалните възможности на неговата подобностна

мярка. Използват се групи изображения, образувани от трансформационни варианти на един оригинал. Една експертна оценка би отчела като еднакви всички изображения в групата. Като заявка се използва оригиналното изображение със зададена стойност на параметъра $L=12$ и след отчет на подобностната мярка между заявката и всяко едно изображение от групата следва подреждане на вариантите по подобие. Резултатите – стойностите на подобностната дистанция $d \in [0, 10^{-7}]$ доказват стабилността на подхода по отношение на произволни смесени композиции от трансформации. Получените минимални разлики в стойностите на подобностната мярка от порядъка на 10^{-8} представят и „силата“ на подобностната мярка, т.е. тя е една ниско обхващаща точна обектова подобностна дистанция.













Фиг. 2. Подреждане по подобие на трансформирани изображения








Експериментите за приложимост на подхода в биометричните бази данни включват два вида експерименти. Първият тип експерименти има за цел да изследва стабилността на подхода по отношение на трансформациите при възстановяване от база данни от биометрични изображения. Като входни данни са използвани пет тестови гупи, включващи различни изображения на един човек, които една експертна оценка би отчела като еднакви. Такива са трансформационни варианти на оригинални изображения на длан и ушна мида и панорамно дентално изображение. За заявка – оригиналното изображение от стойностите на подобностната мярка се получава подреждане на изображенията в съответната му група по подобие. Резултатите, получени за една тестова група, са представени на *фиг. 3* съответно за двата типа обекти. Получените резултати за изследваните пет групи показват разлики в стойностите на подобностната дистанция от порядъка на 10^{-6} и доказват стабилността на подхода по отношение на произволни смесени композиции от трансформации, включващи трансляция, мащабиране, ротация и рефлексия и способността му да улавя еднаквостта на формите и при смяна на гледната точка.

Вторият тип експерименти се фокусира върху силата на подобностната мярка да улавя и да представя количествено степента на подобие по форма. Силата на подобностната мярка има основна роля за целите на идентификация и верификация в системата. Този тип експерименти целят







установяване на поведението на подобността дистанция между изображенията на различни изобразителни обекти или еднакви обекти, но с внесени умишлено по-малки и по-големи разлики във формата им.

Оригинално изображение Дистанция- d	 d=0	 d=0	 d=0
 d=2. 10 ⁻⁶	 d=2. 10 ⁻⁶		
Оригинално изображение Дистанция- d	 d=0	 d=12. 10 ⁻⁸	 d=12. 10 ⁻⁸
Оригинално изображение Дистанция- d	 d=2. 10 ⁻⁶	 d=2. 10 ⁻⁶	





Фиг. 3. Подобностно подреждане на трансформирани изображения

						
оригинал						
Дистанция	0	2.10 ⁻⁶	0.6240	0.1977	0.0510	0.1855

Фиг. 4. Подобностна дистанция между седем различни изображения на длани

					
оригинал					
Дистанция	0	12.10 ⁻⁸	0.1670	0.0086	0.0248

Фиг. 5. Подобностна дистанция между шест различни изображения на ушни миди

			
оригинал			
Дистанция - d	2. 10 ⁻⁶	2. 10 ⁻⁶	0.443

Фиг. 6. Подобностна дистанция между четири различни дентални изображения

Фиг. 4 илюстрира изчисленото подобие между едно изображение на заявката и шест други изображения на длани, едното от които е трансформиран вариант на заявката. Групата включва и изображение на длан от нейната обратна страна.

Фиг. 5 илюстрира изчисленото подобие между едно изображение на лява ушна мида, използвано като заявката, и пет други изображения на ушни миди, две от които са лява и дясна. Фиг. 6 представя приложение на подхода при установяване на подобие по форма в дентални изображения.

Резултатите потвърдиха нашите очаквания за стойности на подобността дистанция и подобностно подреждане, които показват като най-подобно изображението на идентичен със заявката обект, последвано от изображение с внесена малка разлика във външния му контур. Представените резултати показват желаното поведение на нашия подобностен модел по отношение на върнатите отговори и демонстрират неговите предимства. Представеният подход за търсене по подобие на формата в медицински и биометрични бази данни от изображения е изследван подробно, получените резултати са сравнени с резултатите на други методи, представени в [5] и [11], като са използвани техните колекции и оценки на резултатите. Сравнението показва близка, а в някои случаи и по-добра ефикасност.

Заклучения

От получените резултати от експериментите могат да бъдат формулирани следните основни заключения:

- Разработеният подход за съхранение и извличане на изображения от бази данни с изображения по подобие на формата на съдържащите се обекти е стабилен по отношение на произволни композиции от трансформации.
- Приложението на подхода е ефективно, тъй като постига пълнота, коректност и чувствителност на резултатите от подобностното възстановяване по форма от медицински и биометрични бази данни от изображения.
- Подходът постига много добра ефективност на съхранението на информация в медицински и биометрични бази данни от изображения и добра ефективност на обработката на заявки към тях.
- Биометричният подход, който изследва формата на обектите от различни видове медицински и биометрични изображения, може да намери приложения в различни области. За всяко конкретно приложение подходът може да бъде адаптиран, за да се получат максимално ефективни резултати.

Литература

1. <https://openi.nlm.nih.gov/>.
2. Binder, K. and A. P. Young. – *Rev. Mod. Phys.*, 58, 1986, 801.
3. Antani, S., L. R. Long, G. R. Thoma. A Biomedical Information System for Combined Content-based Retrieval of Spine X-Ray Images and Associated Text Information. Proc. 3rd Indian Conf. on Computer Vision, Graphics and Image Processing, Ahamdabad, India, 2002.
4. Greenes, R. A., J. F. Brinkley. *Imaging Systems in Medical Informatics: Computer Application in Healthcare* (2nd Edition). New York, Springer, 14, 2000, 485-538.
5. Jagadish, H. V. A Retrieval Technique for Similar Shapes. ACM Proc. Int. Conf. Manag. Data (SIGMOD), February 1997, 208-217.
6. Kelly, P. M., M. Cannon, D. R. Hush. Query by Image Example: CANDID Approach. Storage and Retrieval for Image and Video Databases III, vol. 2420 of SPIE Proc, 1995, 238-248.
7. Keyser, D., J. Dahmen, H. Ney, B. Wein, Lehmann. A Statistical Framework for Model-based Image Retrieval in Medical Application. – *Journal of Electronic Imaging*, 12, 2003, 1, 59-68.
8. Korn, F., N. Sidiropoulos, C. Faloutsos, E. Siegel, Z. Protopapas. Fast Nearest Neighbor Search in Medical Image Database. – *IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering*, 10, 1998, 889-904.
9. LeBozec, C., M. C. Jaulent, E. Zapletal, P. Degoulet. Unified Modeling Language and Design of a Case-based Retrieval System in Medical Imaging. Proc. of the Annual Symposium of the American Society for Medical Informatics, Nashville, TN, USA, 1998.
10. Ma, W. Y., Y. Deng, B. S. Manjunath B. Tools for Texture and Texture and Color-Based Search of Images. Human Vision and Electronic Imaging II, 3016 of SPIE Proc. San Jose, CA, 1997, 496-507.
11. Mathias, Eitz, Ronald Richter, Tamy Boubekeur, Kristian Hildebrand, Marc Alexa. Sketch-Based Shape Retrieval. CM Transactions on Graphics (Proceedings SIGGRAPH) 31, 2012, 4, 31:1-31:10, 2.
12. Muller, H., N. Michoux, D. Bandom, A. Geissbuhler. (2004) A Review of Content-Based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Clinical Benefits and Future Directions. – *International Journal of Medical Informatics*, 73, 2004, 1, 1-23.

За контакти:

Доц. д-р **Марияна Стоева**
 Катедра „Софтуерни и интернет технологии”
 Технически университет – Варна
 9010 Варна, ул. Студентска 1
 тел. +35952 383 616
 e-mail: mariana_stoeva@abv.bg,

Доц. д-р **Виолета Божикова**
 Катедра „Софтуерни и интернет технологии”
 Технически университет – Варна
 9010 Варна, ул. Студентска 1
 тел. +35952 383 616
 e-mail: vbojikova2000@yahoo.com,

Доц. д-р **Гео Кунев**
 Катедра „Софтуерни и интернет технологии”
 Технически университет – Варна
 9010 Варна, ул. Студентска 1
 тел. +35952 383 616
 e-mail: geo_qnew@hotmail.com

Приложение на IBM платформата Watson интернет на нещата

А. Атанасов

Увод

В статията са анализирани възможностите на когнитивната платформа Watson [5] на компанията IBM и нейната версия IBM Watson IoT за подпомагане и усъвършенстване на дейностите в областта на интернет на нещата (Internet of Things /IoT/) [3].

Разгледани са услугите на платформата Watson IoT, ориентирани към контрола и анализа на състоянието на индустриални обекти и съоръжения, които са оборудвани със сензори и изпълнителни устройства с вградени интернет комуникационни възможности (IoT). Даден е пример за интеграция на Watson IoT със системите за предсказваща поддръжка и качество (IBM Predictive Maintenance and Quality) [6] и за управление на активите (IBM Maximo Asset Management System).

Изборът на платформата е направен на основата на анализи от други литературни източници [12] и на собствен сравнителен анализ на редица аналогични платформи като Google IoT Core [15], General Electric Predix [13], Microsoft Azure Suite [14], Watson IoT, Salesforce [17], Amazon Web Services [16] и други. Анализът е основан на сравнение на услугите, предоставяни от посочените платформи, и по-специално на тези услуги в областта на предсказващата диагностика и поддръжка на съоръжения и системи в реално време и на услуги в областта на дълбокото обучение (Deep Learning). Всички платформи поддържат добро ниво на сигурност на информацията, имат богати възможности за съхранение и за бизнес анализи на данните от сензорите, както и възможности за машинно обучение (Machine Learning). Платформата Watson IoT е избрана поради специфичните си възможности за предсказваща диагностика и разширени възможности в областта на изкуствения интелект и когнитивните науки.

Платформата Watson

Платформата Watson [2] е комбинация от модерна и мощна паралелна компютърна архитектура, поддържаща множество от интелигентни софтуерни услуги (services), които са достъпни през облака Bluemix на IBM. Софтуерните потребителски интерфейси и услуги са групирани в няколко категории, които са обсъдени по-долу.

Хардуерната част на платформата (фиг. 1) е изградена от 90 сървъра от модел Power 750 с процесор тип Power7+, всеки с по 32 ядра, което представлява паралелна система с 2880 ядра и оперативна памет 16 ТВ. Платформата Watson има изчислителна мощ от 80

TeraFLOPS (80 000 000 000 000 операции с плаваща запетая в секунда), което я прави 114 по бързодействие сред всички суперкомпютри в света. В само 10 от 16 терабайта оперативна памет на системата може да се побере информация, равностойна на всички книги от библиотеката на Конгреса на САЩ.



Фиг. 1. Хардуерна част на Watson

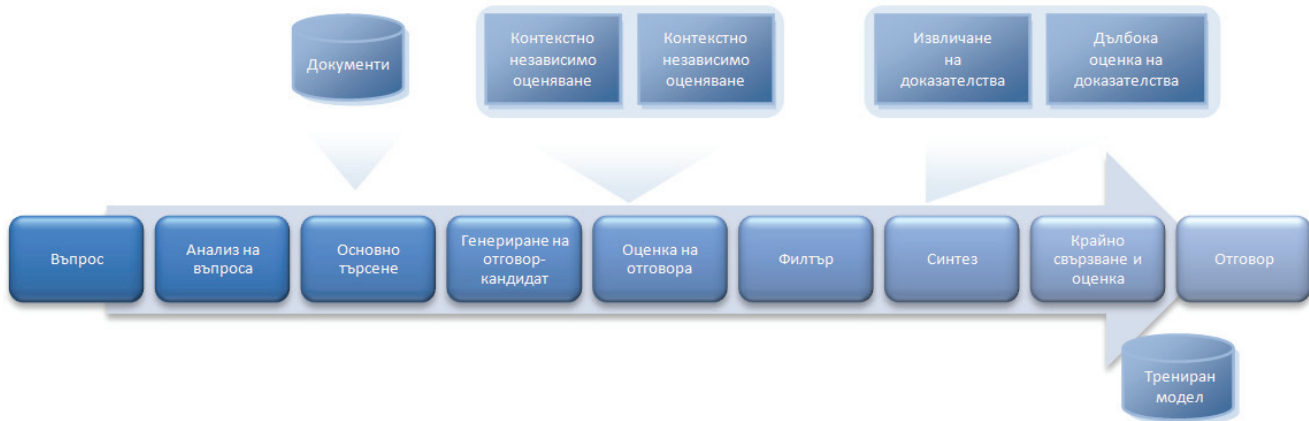
Watson е разработена и представена от IBM през 2011 г. Тя е първата когнитивна компютърна система с огромни възможности в областта на изкуствения интелект, машинното обучение и дълбокото обучение. Тя [1,6] предоставя на потребителите си интелигентни интерфейси (API) и услуги (services) като:

- Събиране, обработка, и съхраняване на различни по своя характер данни (структурирани в бази данни или неструктурирани текстови документи, или потоци от звук или видео).
- Структуриране и индексация на първични документи или данни.
- Обобщаване, обработка и интелигентен анализ на данните.
- Визуализиране на данните чрез различни графични изгледи и табла (dashboards).
- Огромен набор от бизнес анализи [4] и оптимизации; анализ на данните, предсказване на тенденции и други (Watson Analytics).
- Вземане на стратегически управленски решения на базата на оценка, експеримент, анализ и предсказване, оптимизация и други.
- Услуги в областта на интернет на нещата (Watson IoT), разгледани по-долу.

Платформата има възможност за извличане на информация от текстове, за задаване на въпроси на естествен език (Natural Language Processing), както и възможности за самообучение на основата на машинното обучение и дълбокия анализ на въпроси и отговори (Deep Question and Answer Analysis) и генериране на хипотези (фиг. 2). Тя поддържа трансформация на говор към текст и обратно,

както и разпознаване на образи в снимки или видео потоци, или на звукови структури в аудио потоци на основата

на алгоритми от областта на изкуствения интелект, машинното обучение, невронните мрежи и други.



Фиг. 2. Обработка на въпроси, изграждане на хипотези и генериране на отговори в платформата Watson

Интернет на нещата

Интернет на нещата (IoT) е технология, датираща от 1999 г. [4] и еволюираща с бурното развитие на интернет технологиите. Тя е свързана с факта, че благодарение на тези технологии, както и на компютърните и телекомуникационните технологии и други са се появили обекти/неща (things) като интелигентни телефони, таблети, интелигентни сензори и изпълнителни устройства, компоненти, системи и други, които могат да поддържат комуникации помежду си самостоятелно и без човешка намеса. Тези неща имат идентичности (IP MAC адреси) и виртуална персонализация. Те работят в интелигентни пространства, използващи интелигентни интерфейси [3], за да се свързват и общуват в рамките на определен контекст (социален, екологичен, потребителски, управленски и други). На основата на тази технология са изградени множество решения в областта на интелигентните жилища и градове, контрола и оптимизацията на движението на товари в различни логистични организации, обмена на данни между здравни учреждения, предсказваща диагностика и поддръжка на редица съоръжения в газодобивната, петролната, минната, металургичната и други индустрии. Независимо от всичко това се констатира, че само от 1% до 20% от данните, получавани от IoT сензорите, се използват за подобряване на контрола и качеството на управление на съответните обекти, системи или предприятия. В тази светлина IoT услугите на платформата Watson могат да подобрят съществено оперативното и стратегическото управление на редица технологични системи.

Услуги на Watson IoT в областта на Интернет на нещата

Основните услуги и потребителски интерфейси (API) на платформата Watson IoT, свързани с интернет на нещата [8,9], могат да се групират в четири основни (фиг. 3) групи, отнасящи се до:

1. Регистриране и свързване на умните сензори, мрежови устройства, телефони, таблети и други към Watson IoT.
2. Управление на информацията от сензорите и междинните резултати.
3. Различни видове анализ на данните.
4. Управление на рисковете.

Използването на тези услуги предполага и запознаване с определен брой програмни среди, използвани за конфигуриране на интерфейсите комуникации между сензорите и други интернет базирани устройства с Watson IoT или за конфигурация на отделни интерфейси между модулите (услугите) на платформата. Някои от тези програмни среди са на IBM, а други са с отворен код и са разработени от външни фирми и организации. Това предполага инсталация, конфигурация и настройка на тези програмни среди, както и запознаване с ръководствата им за ползване.

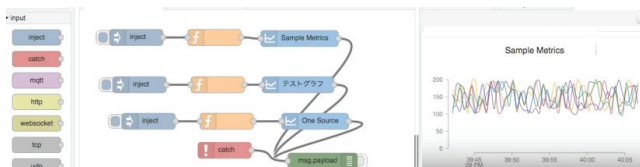


Фиг. 3. Услуги на платформата Watson IoT

1. Регистрация и свързване (Connect)

Преди да се свърже даден IoT датчик или устройство към платформата Watson IoT, е необходима регистрация [7] чрез акаунт в Bluemix или Watson IoT с цел създаване на своя собствена организация в платформата. Едва след това датчикът или устройството може да бъде регистриран, използ-

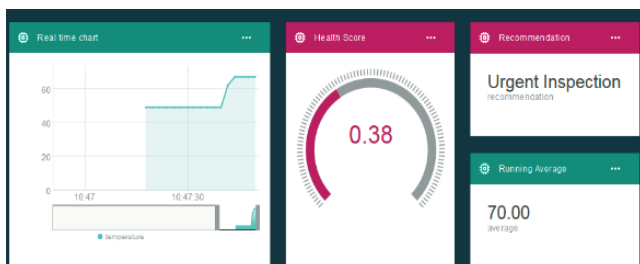
вайки **идентификационния номер на тази организация**. Регистрираните устройства се идентифицират в платформата Watson IoT с уникален идентификатор на устройството, например MAC адрес, и идентификационен код (token), който е уникален само за това устройство. Комуникацията между сензорите и Watson IoT се базира на MQTT (Message Queue Telemetry Transport) протокола, който се е наложил като стандарт в областта на IoT. Свързването на датчиците и устройствата с Watson IoT става с приложението Node-Red. То създава комуникация между тях, базирана на събития, като за целта използват идентификационните номера на организацията и идентификационният код на устройството/датчика. Приложението Node-Red (фиг. 4) е базирано на графичен интерфейс, чрез който се създават възли (nodes) и връзки между тях. Възлите обозначават определени входни, функционални, изходни блокове, обменящи структурирани MQTT съобщения, които съдържат данни от датчиците или специфични команди, или сигнали от Watson IoT, Bluemix, или други софтуерни приложения и услуги.



Фиг. 4. Изглед на приложението Node-Red

Чрез Node-Red могат да тестват връзките между датчиците и платформата, да се отстранят грешките в изградените функционални възли, както и да се генерират съобщения за грешки. След като датчиците са свързани с Watson IoT, данните от тях могат да се наблюдават в Watson IoT, като за целта е необходимо изграждането на табло за визуализация (dashboard) със задаване на различните типове графики, които да се визуализират.

Пример за такава визуализация е даден на фиг. 5. На нея са представени в графичен вид температурата в реално време на дадено съоръжение, състоянието (операционния статус) на съоръжението (Health Score), препоръка за инспекция и работния му статус.



Фиг. 5. Табло за визуализация с различни графики и текстови съобщения

2. Управление на информацията (Information Management)

Следващата група услуги на Watson IoT е свързана със съхранението и архивирането на данните в облачни бази

от данни или конкретни потребителски бази като MySQL, NoSQL, Mongo DB и други. Други услуги са свързани с преформатирането на данните или работа с метаданни, извличане на определени полета от xml файлове или съобщения, структуриране и/или индексирани на неструктурирани данни и други. Агрегирането и преформатирането на данните и специфичните структури се налага при ползването им от услугите за анализ на данни, както и от външни на платформата услуги като тези по управлението на активите, предсказващата поддръжка на съоръжения и други.

3. Анализ на данните (Analytics)

Тази група е насочена към различни видове услуги, свързани с анализа на данните и извличане на допълнителни знания от тях. Например обработката на данни и класирането на данните въз основа на научните приоритети (машинно обучение). Машинното обучение може да се приложи към данните на интернет на нещата, за да се разберат автоматично текущите условия и очакваните тенденции и след това да се предложат коригиращи действия, например ако се очаква възникването на проблеми/аварии в работата на дадено съоръжение. Други услуги са свързани с използването на различни предсказващи модели на основата на исторически данни. Услугите, свързани с анализа на данни, ползват пълен набор от услуги не само на Watson IoT, но и на Watson, които са свързани и с анализ на визуална информация за дадени съоръжения или обекти. Чрез анализ на неструктурираните данни от видеофайлове и снимки могат да идентифицират сцени и модели във видеофайлове. Комбинирането на тези данни с данните за състоянието на дадено съоръжение може да послужи за по-добро разбиране на минали събития или на нови ситуации. Например комбинацията на такива снимки от термокамери и данни от сензори за температура на дадена машина може да допринесе за вземане на по-добро (по-навременно) решение за нейната диагностика, поддръжка и/или ремонт.

Към тази група услуги принадлежат и тези по преобразуване на говор към текст и обратно, както и задаването на въпроси, при което се търсят най-достоверните отговори/решения. Например може да се зададе въпрос кога да се спре за ремонт дадено съоръжение. В този случай Watson прилага алгоритмите за дълбок анализ на въпроси и отговори (DeepQA) и извлича от огромната си база от данни (над 1000 000 000 страници) най-подходящия отговор-решение.

4. Управление на риска (Risk Management)

Услугите в тази област са свързани с различното представяне и визуализация на информацията от наблюдаваните сензори и свързаните с тях устройства. Чрез огромен брой табла за управление, базирани на специални функции, може да се визуализират съобщения за предстоящи повреди или аварии в съоръжения или машини, да се представят графично различни насоки за развитие

на данните, техните стойности и аномалии. Пак чрез тези услуги чрез съобщения по интернет могат да се известяват по електронна поща или с СМС конкретни оператори или отговорни лица за неправилното функциониране на машините, както и ако съответните машини имат подходящ интерфейс, те да бъдат спирани или да се промени работният им режим.

Услугите по управление на риска са свързани и с гарантиране на сигурността на данните, обменяни между датчиците и Watson IoT, както и на всички останали транзакции. Услугата Blockchain съхранява записи за всички транзакции в споделена незаличима база от данни. Този постоянен запис на транзакции е достъпен за всички участници във веригата на транзакциите, което дава възможност за проследимост на непозволенни или зловредни действия.

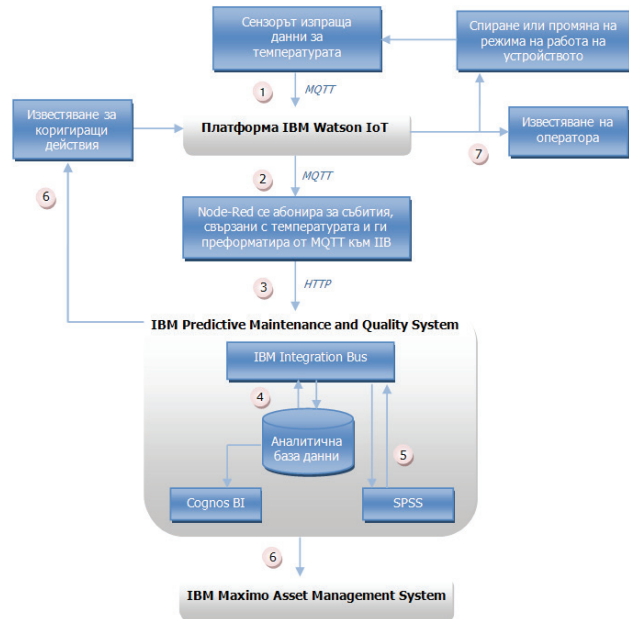
Пример за предсказваща поддръжка

В примера са комбинирани възможностите на платформата Watson IoT със системите на IBM за предсказваща поддръжка и качество и за управление на активите (PMQ – Predictive Maintenance & Quality и Maximo Asset Management System). Примерът (фиг. 6) е свързан с измерване на температурата на дадено устройство. При откриване на аномалии в температурата му се предприемат действия за спирането му за ремонт или корекция на режима му на работа. Показани са етапите на обработка и преформатиране на данните от температурни сензори от различните програмни приложения или услуги, започвайки от най-ниското хардуерно ниво до най-високото за предсказване на състоянието на наблюдаваното устройство и вземането на решение за корективни действия. Предсказващата PMQ-система ползва при анализа на данните пакета на IBM Cognos BI, а при моделирането и предсказването статистическия пакет на IBM SPSS и [10].

1. Регистрираните в Watson IoT температурни сензори, свързани с конкретно устройство или устройства, изпращат данни към платформата под формата на MQTT съобщения.

2. Приложението Node-Red, работещо на платформата Bluemix или на външна система, се абонира да получава съобщения за събития (данни за температурата) от сензорите. То ги трансформира от MQTT формата на Watson IoT към този на IIB (IBM Integration Bus) – част от възела на системата за предсказваща поддръжка и качество – PMQ. За целта Node-Red извиква WEB услугата REST (базирана на HTTP протокола), която ги подава на входната опашка на PMQ.

3. Персонализираният IIB поток от съобщения, създаден в IIB възела, осигурява действителната интеграция между Watson IoT платформата и PMQ системата. Потокът експонира REST интерфейса, така че приложението Node-Red да може да изпрати IoT събитията (данни за активите на устройството или устройствата, чиято температура се измерва) на PMQ системата, конвертирайки данните във формата, очакван от PMQ (XML формат) и да постави събитията във входната опашка на PMQ (PMQ.EVENT.IN).



Фиг. 6. IBM Watson IoT и предсказваща поддръжка, базирана на измерване на температурата

Освен сензорните събития, доставени чрез платформата Watson IoT, и други данни като данни за времето или други такива могат да бъдат изпращани като събития към PMQ системата и те да бъдат включени в профила на даденото устройство, чието състояние се следи. Приложението Node-RED може да бъде използвано за извличане на данни за времето от друг API и след това да ги изпрати на PMQ, използвайки интерфейса REST.

4. Данните за събития, получени от Node-RED, се преобразуват във формат, очакван от PMQ-системата, и се записват в аналитичната база данни. Получените данни са данни в реално време и включват ключов индикатор за ефективността (KPI) и информация за профила.

5. IBM SPSS® изпълнява предварително създадени аналитични модели, което води до определени резултати. KPI се анализират от системата на непрекъсната основа. В отговор на резултатите и настоящите стойности на KPI SPSS генерира препоръки, като използва предварително конфигурирани бизнес правила.

6. PMQ-системата изпраща информацията за профила, състоянието (здравия статус) и препоръката за устройството, чиято температура се измерва, обратно към платформата Watson IoT. Така в реално време потребителят може да види препоръката в платформата Watson IoT заедно със събитията, свързани с това устройство (фиг. 5). Също така, когато открие проблем, PMQ системата създава работна поръчка (за резервни части и ремонт) в системата за управление на активите (IBM Maximo Asset Management System).

7. При открита аномалия в поведението на устройството Watson IoT платформата извиква предварително конфигурираното действие, например предупреждава оператора чрез електронна поща, SMS или други. Платформата, също така може да бъде конфигурирана да изпрати

команда на устройството за изключване, преминаване в облекчен режим на работа или автокоригиране, след като аномалията е разпозната.

Заклучение

Платформата IBM Watson IoT представлява сюита от множество потребителски интерфейси, приложения и услуги. Тук е разгледано само нейното приложение в областта на предсказващата поддръжка на технологични съоръжения. Поради ограничения обем на статията не са разгледани много други нейни възможности и предимства в области като машинното и дълбокото обучение, както и в разпознаването на говор и визуална информация което е особено полезно при изграждането на модерни диагностични системи.

Един от малкото недостатъци на платформата са, че част от възможностите ѝ за обработка на естествен език/говор се отнася в момента само за английския език, което предполага и отговори на въпроси и търсене на решения само в документи, писани на английски. Друг недостатък е свързан с факта, че директното ѝ използване е затруднено от необходимостта от използване на множество допълнителни софтуерни продукти (Node-RED, Devops и други) за конфигурация на сензори, мрежови устройства (gateways), платки (boards) и други, което налага инсталация и настройка и изучаване на същите тези продукти, както и на свързаните с тях софтуерни среди и/или библиотеки. Например Node-RED изисква инсталация на node.js, Използването на интерфейсите и настройките на част от услуги на Watson изисква допълнително време за изучаването им.

Независимо от това платформата се очертава като водеща в областта не само на IoT, но и в областта на когнитивните изчисления. Очаква се възможностите ѝ да нараснат с добавянето на нови услуги в областта на дълбокото обучение, съчетано с нови хардуерни подобрения, базирани на невромикропроцесора True North [11].

Литература

1. Khriyenko, O. IBM Internet of Things. MIT Department, University of Jyväskylä, 2016. http://users.jyu.fi/~olkhriye/IBM/IBM_IoT.pdf.
2. Mobley, D. How Watson Works. www.ibm.com, 2013
2. Atzori, L., A. Iera, G. Morabito. The Internet of Things: A Survey. – *Computer Networks*, 54, 2010, 2787–2805.
3. Ray, P. P. A Survey on Internet of Things Architectures. *Journal of King Saud University, Computer and Information Sciences*, 2016.
4. Miller, J. Learning IBM Watson Analytics. Packt Publishing Ltd., Birmingham, UK. 2016.
5. Kelly, J., S. Hamm. Smart Machines: IBM's Watson and the Era of Cognitive Computing. Columbia Business School, Publishing Hardcover – 15 October 2013.
6. Integrate IBM Watson IoT Platform with Predictive Maintenance and Quality (PMQ) System. <https://developer.ibm.com/recipes/tutorials/integrate-ibm-watson-iot-platform-with-predictive-maintenance-and-qualitypmq-system/>.
7. https://console.ng.bluemix.net/docs/services/IoT/platform_

[authorization.html#connecting-applications](#).

8. Lorch, M. Cognitive Internet of Things – IBM Watson IoT Platform. Watson IoT Center of Competence, SAP on IBM Systems Customer Conference, 2016-04-16.

9. High, R. The Era of Cognitive Systems: An Inside Look at IBM Watson and How it Works. © Copyright IBM Corp., Redbooks, Dec. 2012.

10. <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/>.

11. Oak, M., L. Streat. IBMTrueNorth. <http://-meseec.ce.rit.edu/-722-projects/spring2015/2-1.pdf>.

12. Brandon Butler with Updates from Christina Mercer. 18 Most Powerful Internet of Things Companies 2017: AWS, Microsoft, IBM and More. 13 February 2017, Network World US. <http://www.computerworlduk.com/galleries/data/12-most-powerful-internet-of-things-companies-3521713/>.

13. Predix the Industrial Internet Platform. Nov. 2016 General Electric Company. <https://www.ge.com/digital/predix/industries>.

14. <https://www.microsoft.com/en-us/internet-of-things/azure-iot-suite>.

15. <https://cloud.google.com/iot-core/>.

16. <https://aws.amazon.com/>.

17. <https://www.salesforce.com/eu/iot-cloud/>.

За контакти:

Доц. д-р инж. **Атанас Атанасов**

Катедра "Информатика"

Химикотехнологичен и металургичен

университет – София

тел. 02 8163 484

e-mail: naso@uctm.edu

Интелигентен подход за оптимално планиране на операциите в мебелно производство

Й. Белев, И. Бачкова, Г. Попов

1. Увод

Необходимостта от подобряване на работата на производствените системи, свързана с повишаване на нивото на координация и интеграция на всички ресурси и производствени функции с цел постигане на гъвкавост и по-висока конкурентоспособност, предизвиква нарастващ интерес към методите за планиране, който датира от началото на 90-те години. Краткосрочното и детайлно планиране на производството може да се дефинира като процес на вземане на решение, който дава отговор на въпросите: как, къде и кога да се произведе. Как се отнася до необходимите ресурси, къде – до разпределянето на всяка операция към отделен апарат или машина, а кога - до предсказване на времето за начало и край на всяка операция. Най-важните ресурси са оборудване, работна сила (персонал), суровини, пространство за производство или склад, необходим капитал и други. Оптималното разпределение на ресурсите води до скъсяване на времето за производство, а оттам и до намаляване на производствените разходи, с което се повишава конкурентоспособността на продукцията. При краткосрочното, детайлно планиране центърът на тежестта е върху удовлетворяване на изискванията на клиента или приключване на необходимите задачи за възможно най-кратко време.

Оптималното планиране на производствените операции представлява част от задачата за краткосрочно, детайлно планиране и е процес на разпределение на наличните производствени ресурси за извършване на определени производствени задачи и определянето на последователността и времевите параметри за извършване на тази работа. Самите производствени операции се дефинират в етапа на проектиране на продукта. Независимо от множеството усилия за справяне със задачата за оптимално планиране на операциите, разнообразието от задачи в областта и високата им размерност не могат да бъдат решени с универсални средства. През последните години е налице стремеж да се използват резултатите, получени в областта на формалната верификация и по-точно от решаването на задачата за проверка на модели.

Цел на статията е да представи метод за оптимално планиране на операциите в мебелно производство, базиран на използването на инструментариума на времевите автомати [1] за моделиране на поведението на производствената система и определянето на оптимален план на операциите, посредством верификацията на достижимост

на желаното състояние и оптимална стойност на избран критерии за ефективност. За верификация на модела се използва методът „Model checking” [2], при който проверяваното свойство за достижимост на оптималното състояние се дефинира с използване на темпорална логика [3].

2. Кратък анализ на методите за оптимално планиране на операциите

Планирането на производствените операции представлява оптимизационна задача, която изисква дефиниране на една или повече целеви функции. Типични целеви функции, използвани в областта на производствените системи, са:

- Брой на поръчките, изпълнени за единица време (throughput).
- Брой на незавършените поръчки (work-in-process inventory).
- Времетраене на изпълнението на поръчката (lead time, mean order flow time).
- Разлика между времето на приключване на изпълнението на поръчката и срока за изпълнение (mean order tardiness). Ако тази разлика е отрицателна, тя се приема равна на 0.
- Минимизиране на времето за изпълнение на всички поръчки (makespan) и други.

Основната трудност в областта на оптималното планиране на производствените операции е, че съществува голямо разнообразие от задачи, които възпрепятстват разработването на универсален метод за неговото решаване. Различните перспективи към задачата за оптимално планиране водят до различни подходи за нейното решаване, систематизирани и представени на *фиг. 1*. Традиционната перспектива в академичния свят е статична и детерминирана, което доведе до разработването на многобройни алгоритми за off-line оптимално планиране. Тези методи обаче, както и тези за детерминирано динамично програмиране и статично стохастично планиране са неподходящи за разглеждания случай, тъй като те отразяват неадекватно реалните аспекти на задачата. Реактивните алгоритми за оптимално планиране, отчитащи смущенията в динамична среда, са методи, обхващащи както динамичната, така и стохастичната природа на задачата за оптимално планиране. Повечето реактивни методи за оптимално планиране обаче не предвиждат стохастичните ефекти, а само реа-

гират на тях. Единствено проактивното планиране взема предвид риска от смущения. Всички изброени дотук методи са алгоритмични. Алтернативен подход за много от задачите могат да бъдат структурните решения, които се наричат архитектури за оптимално планиране. Те са насочени в по-голяма степен към практическите аспекти на задачата за оптимално планиране, например преизползваемост на софтуера, и се наричат среди за оптимално планиране. Освен предлаганите методи и архитектури важен фактор за ефективното и бързо решаване на задачата за оптимално планиране е и използваната технология за разпределено решаване на задачата. В тази връзка за целите на оптималното планиране на операциите е предложен хибриден подход, съчетаващ предимствата на реактивните методи, базирани върху структурен алгоритъм, използващ формалния подход на времевите автомати.



Фиг. 1. Класификация на методите и подходите за детайлно планиране

3. Описание на метода за планиране с използване на времевеи автомати

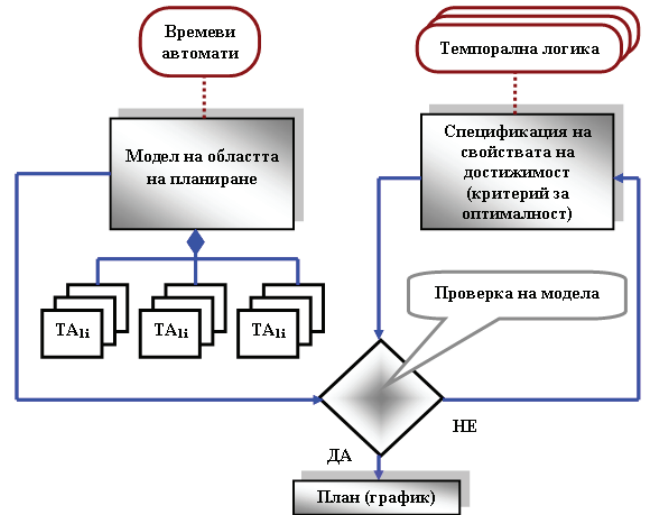
3.1. Кратко въведение в теорията на времевите автомати. Времевите автомати са предложени специално за целите на анализа и верификацията на времевеи системи като софтуер, контролери, мрежови протоколи и вградени системи. Те са крайни автомати, разширени с време за измерване на закъснения и управление на действия, на които са наложени времеви ограничения [1]. Времевият автомат е наредена последователност (L, I_0, C, A, E, I) , където:

- L е непразно, крайно множество от състояния (позиции);
- $I_0 \in L$ е начално състояние;
- C е крайно множество от часовници;
- A е множество от действия, асоциирани към дъгите;
- $E \subseteq L \times A \times V(C) \times 2C \times L$ е множество на дъгите между позициите, за които може да бъде дефинирано определено действие, времево ограничение (гард) и подмножество от часовници, подлежащи на нулиране. $V(C)$ е множество от времеви ограничения от вида $x < c$ или $(x-y) < c$, където $x, y \in C, c \in \mathbb{N}$ и

$c \in \{<, \leq, =, \geq, >\}$;

- $I:L \rightarrow V(C)$ са времеви ограничения към позициите, наречени инварианти.

3.2. Моделиране на областта на планиране. Предложеният подход за оптимално детайлно планиране е илюстриран на *fig. 2* и включва като основен етап моделирането на областта на детайлно планиране. За целта се използват множества от времеви автомати, моделиращи поведението на отделните елементи на областта.



Фиг. 2. Подход за оптимално планиране на операциите с използване на времевеи автомати

3.3. Спецификация на свойствата за достижимост. В рамките на този етап се изразява съвкупност от свойства (критерий за оптималност), които оптималният план трябва да удовлетворява. За целта се използва формален език, чийто синтаксис може да бъде проверен за коректност на определено ниво на абстрактност. Свойствата най-често се изразяват в някаква логика и трябва да имат добре дефинирана семантика. Пнуели пръв предлага използването на темпорална логика за формална спецификация на поведенческите свойства на системите [3]. Темпоралната логика усилва съжителната логика с времеви оператори за формализиране на зависими от времето условия. Едни от най-използваните модели са тези на линейното и недетерминираното (разклоненото или дървовидно) време, наречени съответно LTL и CTL модели. За целите на детайлното планиране от значение е вторият модел благодарение на добавените два оператора за трасета – A (All) и E ($Exist$). Те се използват за изразяване на различни свойства на реактивните системи, например коректност, сигурност, липса на мъртви точки, достижимост, които са в основата на критериите за оптималност.

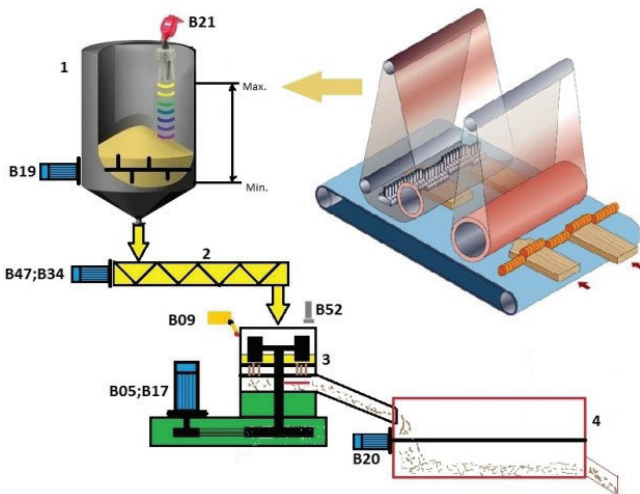
3.4. Проверка на модела (верификация). В процеса на верификация се установява дали моделът на системата удовлетворява предявените към детайлния план изисквания (критерии). Верификацията на модел, изграден на базата на времеви автомати, се извършва най-често чрез проверка на модела (*model checking*) на базата на предварително дефинирани изисквания към системата, изразени чрез

формули на темпоралната логика. Проверката на модела може да се разглежда като изчерпателна симулация, а неин основен недостатък е проблемът с размерността. С цел да се преодолее този проблем са разработени и се прилагат различни методи като например символна проверка на модела, частично редуциране на реда, симетрична редукция, ограничена проверка на модела и други.

4. Пример: планиране на операциите в мебелно производство

4.1. Кратко описание на мебелното производство.

На *фиг. 3* е представена схема на производствените процеси в мебелна фабрика. Преработват се два основни вида дървесен материал – суха иголистна дървесина и широколистна суха дървесина (дъб) с различна дължина и широчина. Един от основните процеси е процесът на шлайфане на дървени плоскости (А), който се извършва на широколентова шлифовъчна машина (1), състояща се от транспортна лента, по която се придвижва материалът за шлайфане със скорост на подаване от 1 до 20 m/min (зависеща от обработваната повърхност или вида на обработвания материал) и скорост на шлайфане в интервала 23–30 m/s. Максималната работна широчина на лентата е 1200 mm. Инструментът за шлайфане е абразивна лента, поставена между два хоризонтална вала, единият от които е работен, а другият – обтекателен. Целта на шлифоването е калиброване на точен размер на дървената плоскост (Б) и подготовката и за лакозаливане. Мощността на задвижване е от 45 до 55 kW. Технологичното време за обработка (шлайфане) на 1 m² дървесни детайли е следното: 5 m/min – за иголистно, и 2.5 m/min – за широколистни. Отпадъчната суровина от този процес са дървесни стърготини, които се складираат в бункер (2), който е с капацитет 5 m³. Това, съобразено с относителното тегло на обработваната дървесина, означава 550 kg/m³ иголистна дървесина и 900 kg/m³ широколистна дървесина (дъб). При обработката на 1 m² дървен материал се получават около 2.2 kg иглолистни стърготини или 1.8 kg широколистни.



Фиг. 3. Принципна схема на технологичната инсталация

Дървесните стърготини се използват за производството на пелети, които са високоефективна, чиста възобновяема енергия, водеща до пестене на енергия и намаляване на въглеродните емисии. Пелетизирането се извършва с преса (4), която представлява кръгла, неподвижна матрица, изработена от дебела стомана (около 30 mm) и с перфорирани множество дупчици, с диаметър, съответстващ на диаметъра на пелетите. Тези отворстия изпълняват ролята на пресформи, в които се формират пелетите. Постъпващите в пресата дървесни стърготини се притискат към отворстията на матрицата с помощта на притискащи устройства (най-често от две до три ролки), които са със самостоятелно задвижване. Преди да постъпят в пелет пресата, дървесните стърготини се овлажняват с вода, след което се подават в пресовата камера на пелет пресата (3). При въртенето на притискащите органи и под упражненото налягане от назъбените ролки материалът се пресова в отворстията на матрицата, при което се формират пелетите. При това от триенето матрицата се нагрива и пелетите напускат пресата много горещи (около 95 °C). След отрязването им преминават през охладител (4), след което се опаковат. Производителността на пелет пресата е 120 kg/h. Пълната мощност на цялата инсталация за пелетизиране е 15 kW.

4.2. Дефиниране на задачата за планиране на операциите. Цел на задачата е оптимално планиране на операциите в описаното в раздел 4 мебелно производство и се изразява в определяне на оптимален времеви график на операциите, извършвани от дървообработваща широколентова шлайф машина и пелетизиращата преса, оползотворяваща отпадъчния материал, генериран от шлайф машината и запълващ бункера като междинен склад с ограничен капацитет. Цели се да бъде оптимизиран производственият процес на базата на определени условия и технологични ограничения. Технологичните ограничения са следните:

- Ограничение по електрозахранване – поради енергийно ограничение и недостатъчна електроенергийна мощност, захранваща мебелното производство, широколентовата шлайф машина и пелетизиращата инсталация не могат да работят едновременно.
- Ограничение по капацитет на бункера – когато бункерът за събиране на отпадъчния материал от шлайф машината се запълни в интервала 80-95%, трябва да се стартира пелетизиращата инсталация.

Налице са P на брой поръчки за шлайфане на дървесен материал и Q на брой поръчки за пелети. Всяка поръчка за шлайфане l се характеризира с време на пристигане (a_l) и срок на доставка (d_l), като включва една операция, която се извършва на една машина. Всяка поръчка на пелети k се характеризира само с време на доставка (d_k), като включва три операции, които се извършват на три отделни машини. Зададена е продължителността на всички операции (l, j_k). Първата операция може да започне само след пристигане на поръчката. При планирането трябва да се вземат под внимание и следните условия:

- Една операция може да бъде изпълнена, само ако

всички предшествващи операции са приключили.

- Машините не могат да изпълняват повече от една поръчка едновременно.
- След стартиране поръчките не могат да бъдат прекъсвани и заменени с други.

Целта на оптималното планиране на операциите е да се определи времевата последователност на изпълнение на поръчките, която да осигури минимална стойност на времето за изпълнение на всички поръчки, чиито характеристики са представени в *табл. 1* и *табл. 2*.

Табл. 1. Списък от поръчки за шлайфане на дървесен материал

№	Дата	Клиент	Вид дървесина	Ширина, м	Площ, m ²	Време, мин	Срок на доставка
1	08:00 15.05	Булгер ООД	Иглолист.	0.28 0.48	68 192	128	13:00, 16.05
2	10:00 15.05	Евромебел ООД	Иголист.	0.28 0.48	162 284	234	17:00 15.05
3	08:00 16.05	Коцеви ЕООД	Иголист.	0.28 0.48	29 98	62	17:00 16.05
4	09:00 16.05	Санкеви ООД	Ширококл.	0.28 0.48	18 48	65	15:00, 16.05

4.3. Кратко описание на програмната среда UPPAAL. За разработване на моделите на областта на детайлното планиране е използван програмният продукт UPPAAL, който е програмно средство за верификация на системи за реално време, представени като мрежи от времеви автомати [4,5]. Продуктът е съвместна разработка на Департамента по компютърни системи на Университета в Uppsala и този в Aalborg. Времевите автомати се свързват в мрежи в рамката на общо множество от часовници и действия. Всеки времеви автомат в UPPAAL представя процес, който е независим, което обуславя неговата асинхронност. Синхронизацията между отделните автомати се осъществява посредством така наречените комуникационни канали, които биват бинарни, емисионни и неотложни. Времевите автомати в UPPAAL са разширени още с константи, гранични целочислени променливи и масиви, които улесняват дефинирането на мрежата от автомати и връзките между тях.

Табл. 2. Списък от поръчки за пелети

Месечни заявки за пелети					
№	Дата	Клиент	Количество, кг	Време, мин	Срок за доставка
1	10:00 15.05	А.Н.Н 2 ООД	2000	1000	17:00, 16.05
2	14:00 15.05	АРНИ ООД	3000	1500	15:00, 17.05
3	12:00 16.05	Кос Хол ООД	1000	500	11:00, 17.05
4	14:00 16.05	Хол Лес ООД	6000	3000	13:00, 18.05

UPPAAL включва три основни части – системен редактор, симулатор и верификатор. Системният редактор се използва за моделиране на системата посредством създаването на шаблони, които позволяват многократно използване на един и същи автомат с различни про-

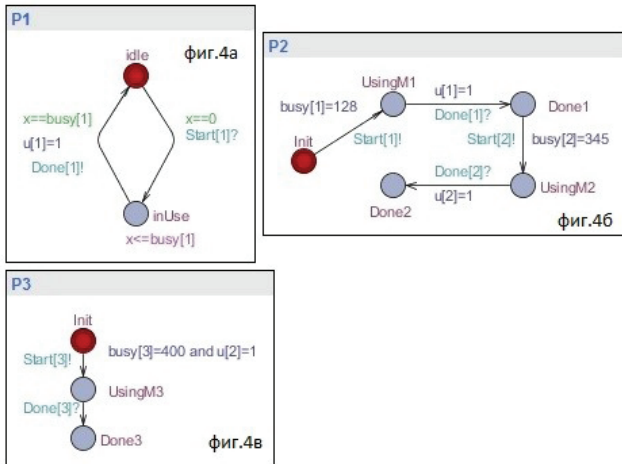
менливи и канали. Моделираната система може да бъде съхранена в XML формат. Симулаторът предлага възможности за симулиране на поведението на системата на базата на избрани примери. Използването на симулатора е особено подходящо още във фазата на моделиране с цел проверка на отделни стъпки. Верификаторът се използва за проверка на модела посредством метода “Model checking”, базиран на CTL формули. Езикът за спецификация на изискванията в UPPAAL позволява проверката на следните свойства: достижимост – $E\langle\rangle p$, сигурност – $A[]p$ и $E[]p$, жизненост – $A\langle\rangle p$ и $p\rightarrow q$. Те могат да бъдат редуцирани до два типа на базата на следните връзки: $A[]p = not E\langle\rangle not p$, $A\langle\rangle p = not E[] not p$ и $p \rightarrow q = A[](p imply A\langle\rangle q)$.

4.4. Модели на областта на планиране. За целите на оптималното планиране са разработени три типа времеви автомати, моделиращи поведението на производствената система чрез преходи в състоянията. Първият тип времеви автомати P1 представя машините, които изпълняват поръчките (*фиг. 4а*). Автоматът на една машина действа по следния начин: първоначално машината е в очакване на поръчката да заяви нейното използване – състояние „idle”. Когато това се случи, машината нулира локалния часовник x и чака в състояние „inUse”, докато изтече необходимото време $busy[1]$, след което подава сигнал към поръчката, че операцията е приключила успешно. Трябва да се отбележи, че каналите “Start[1]” и “Done[1]”, както и времето $busy[1]$ са формални параметри на машината, които трябва да бъдат декларирани конкретно за всяка машина чрез съответните системни и глобални декларации. Вторият тип времеви автомат представя промяната в състоянието на поръчките за шлайфане на дървен материал и е представен на *фиг. 4б*, а третият тип отразява поведението на поръчките за пелети, като е удовлетворено ограничението за едновременна работа на двете машини (*фиг. 4в*).

От *фиг. 4* е видно, че трите типа времеви автомати са синхронизирани посредством следните синхронизатори:

- между процеси P1 и P2 посредством комуникационни канали „Start[1]? – „Start[1]!” и „Done[1]?” – „Done[1]!”;
- между екземпляр на процеса P1 и P3 посредством комуникационни канали „Start[3]? – „Start[3]!” и „Done[3]?” – „Done[3]!”;
- между процеси P2 и P3 посредством условията на прехода по комуникационен канал „Start[3]!”.

Посредством предлаганите от продукта UPPAAL възможности за симулация е необходимо тестване на модела, след което може да се пристъпи към верификацията на модела за целите на оптималното планиране на производствените операции посредством въвеждането на свойството $E\langle\rangle p$, където p отразява съответния критерий за оптималност.



Фиг. 4. Типове модели на областта на планиране

Заклучение

Предложеният подход за оптимално планиране на производствените операции с използване на времеви автомати притежава изключителното предимство, изразяващо се в решаване на задачата в реално време и гарантиране на бърза реакция на системата в условията на промяна на технологичната структура и изменения на производствената програма. Използването на UPPAAL предоставя възможности както по отношение на избора на алгоритъм за търсене в процеса на проверка на модела, така и за целите на симулацията и тестването. Успешното решаване на задачата за оптимално планиране на операциите ще позволи изграждането на ефективна система за оперативно управление на производството, която да следи поръчките за пелети и да стартира машината за пелетизиране, когато е складирано определено количество отпадъчна биомаса в бункера за складиране, генерирана от ширококолентовата шлайф машина. Трябва да бъдат следени количествено поръчките за пелети и да се дава информация за времето за изпълнение на поръчаното количество пелети.

Литература

1. Alur, R., D. Dill. (1994), A Theory of Timed Automata. – *Theor. Comp. Science*, 126, 1994, No. 2, 183–235.
2. Baier, C., J.-P. Katoen. Principles of Model Checking. The MIT Press, 2008.
3. Pnueli, A. The Temporal Logic of Programs. Proc. of 18th Symposium on Foundations of Computer Science, Providence, RI, November 1977, 46-57, ACM.
4. Larsen, K. G., P. Pettersson, W. Yi. UPPAAL in a Nutshell. – *Springer International Journal of Software Tools for Technology Transfer*, 1, 1997, No. 1+2, 134-152.
5. UPPAAL, <http://uppaal.com/>.

За контакти:

Инж. **Йордан Белев**

Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mail: yordanbelev@gmail.com

Проф. д-р **Идилия Бачкова**

Химикотехнологичен и металургичен университет – София
e-mail: idilia@uctm.edu

Проф. д.т.н. **Георги Попов**

Технически университет – София
e-mail: gepop@tu-sofia.bg

Международна конференция „Автоматика и информатика 2017“

На 5 и 6 октомври 2017 г. се проведе традиционната международна конференция по автоматика и информатика, която се организира всяка година от Съюза по автоматика и информатика „Джон Атанасов“ и ФНТС в дните, отбелязващи тържествено годишнината от рождението му.

На конференцията беше проведена една пленарна сесия и 14 технически сесии. От 74 постъпили доклада бяха приети 67, представени от общо 127 автори. Изнесени бяха 58 доклада. Общият брой на участниците в конференцията беше 91, от които под 35-годишна възраст – 23.

На пленарната сесия бяха изнесени два доклада. В пленарния доклад на проф. д-р Милена Лазарова (Технически университет – София) „Интелигентно компютърно зрение и машинно обучение“ беше показано интензивното развитие на теоретичните методи и предизвикателствата, които те поставят пред редица научни области като информатика, физика, математика, изкуствен интелект, психология, невронауки. Съвременните постижения и проблеми на компютърното зрение бяха демонстрирани в такива научни и научно-приложни области като обработка и разпознаване на образи и сцени, образна диагностика, системи за мониторинг и сигурност. Коментирани беше значителното увеличаване на ефикасността на научните изследвания с прилагане на съвременните методи на машинно обучение и в частност на дълбочинно обучение. В пленарния доклад на проф. д-р Георги Менгов (СУ „Климент Охридски“) „Изкуствена интелигентност, невронни мрежи и естествена интелигентност“ беше направен съвременен поглед върху актуални проблеми на развитието на изследванията в областта на изкуствения интелект и специално в аспекта на вземане на решения. Особен акцент беше отделен на предизвикателствата при разработване на интерпретиращи модели, позволяващи да се разпознаят, оценят и обяснят явления от реалния свят на базата на ограничен брой наблюдения. Особен интерес предизвикаха резултатите от прилагането на когнитивни модели при вземане на икономически решения.

Регулярните научни сесии бяха по следната тематика: „Компютърни, комуникационни и програмни системи и технологии“, „Теория на управлението“, „Киберсигурност“, „Обработка на сигнали“, „Биоинформатика, биоавтоматика и биотехнологии“, „Математично моделиране“, „Роботика и мехатроника“, „Персонални асистенти и когнитивна роботика“, „Вземане на решения“, „Оптимизация“, „Управление на технологични процеси“ (две сесии), „Информационно общество“, „Електронно обучение“. Представените доклади илюстрираха широкия спектър, в който се провеждат теоретични и практически изследвания в областта на автоматиката и информатиката у нас. Всички одобрени доклади бяха публикувани в спретнат том и на CD. Бяха определени

и най-добрите доклади за всяка от научните сесии.

В рамките на конференцията беше проведена дискусия на тема „Образованието по автоматика и информатика и изискванията на индустрията“. Обсъждаха се следните проблеми: отговаря ли качеството на образованието по автоматика и информатика на нуждите на индустрията; познаваме ли достатъчно добре нуждите на индустрията, за да дефинираме своите образователни цели в областта на автоматиката и информатиката; как да запълним дистанцията между нуждите на индустрията и предприятията за инженери по автоматика и информатика; нуждата от диалог между индустрията и висшите училища за качествено образование по автоматика и информатика; необходимост от приближаване на програмите на образованието по автоматика и информатика към съвременното теоретично и особено техническо ниво; намиране на подходящ баланс между общотеоретични и насочени приложни знания в съвременното образование по автоматика и информатика; можем ли да ползваме опита на IFAC за съвременното обучение по автоматика и информатика.

Предварително бяха поканени да изложат становищата си проф. д-р А. Топалов (ТУ – София, филиал Пловдив), доц. д-р Д. Дечева (МГУ), доц. д-р А. Тодоров (ТУ – София) и доц. д-р Г. Ружеков (ТУ – София). Изразените мнения показаха както постиженията, така и недостатъците в подготовката на инженери по автоматика и информатика във висшите училища в България. Поради големия интерес дискусията беше продължена на второ заседание, където изразиха схващанията си редица специалисти от университетите и практиката.

В рамките на дните на Джон Атанасов беше проведена и младежка сесия с 12 участници, която протече при голям интерес и оживени обсъждания.

Конференцията премина при добра организация и позволи на изследователи, университетски преподаватели и специалисти от практиката да установят лични контакти и да дискутират проблеми от взаимен интерес. Като цяло конференцията показа, че изследователският дух на общността на специалистите по автоматика и информатика е жив, че има готовност за посрещане на предизвикателствата в тези две бурно развиващи се области и се разполага с ресурс за справяне с многобройните проблеми на научните изследвания, практическите приложения и обучението на кадри.

Акад. **Минчо Хаджийски**

„Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering – BdKCSE'2017“

Четвъртата международна конференция „Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering“ се проведе на 7 декември 2017 г. в София, в Дома на науката и техниката на ул. Раковски 108, зала 105А. Организатори на конференцията са Институтът по информационни и комуникационни технологии – БАН и Съюзът по автоматика и информатика „Джон Атанасов“. За четвърта поредна година се организира форум за обсъждане на проблеми и тяхното решение в област, която обхваща различни тематики от сферата на информационните и комуникационните технологии, свързани с обработката на данни. Материалите от конференцията се публикуват в Сборник от доклади (ISSN:2367-6450) и се качват на сайта на конференцията <http://conference.ott-iict.bas.bg/>.

В рамките на Четвъртата международна конференция се проведе четири сесии, по време на които се представиха 14 доклада. Участниците в конференцията бяха представители от Истанбулския технически университет и Университета „Erciyes“ – Турция, Института по информатика на Словашката академия на науките и в основната част представители на научноизследователската общност от България – СУ „Климент Охридски“, ТУ-София, УНИБИТ, Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ и БАН. Трябва да се отбележи, че с доклади участваха и представители на българските фирми Infinity Ltd. и OMNITEL Ltd. от София.

Конференцията започна с пленарна сесия „Комплексни приложения на големите данни в науката, инженерството и медицината“. Проф. Пламенка Боровска от ТУ-София представи пленарен доклад „Big Data Analytics and Genetic Research“. Вторият пленарен доклад беше изнесен от доц. Александър Шикаланов от УНИБИТ – „A Use-case Driven Open Reference Architecture for Cross-domain IoT Open Source Component Based Applications“. Третият пленарен доклад на тема „Forest Ecological Management and Exhaustible Timber Production: Preferences Based Utility Approach“ беше изнесен от доц. Юрий Павлов от ИИКТ – БАН.

Сесията „Управление на големи данни“ беше предназначена за поканени участници, които представиха научни разработки, в някои от които имат участие представители на бизнеса. Акцентът беше върху предизвикателствата, свързани с изграждането на допълнителна реалност и „Definite Integrals Computation with Very High Precision, Using Parallel Schemas“. Дичко Бъчваров от ИИКТ представи проблемите и решенията на колектив с разнороден състав от два института на БАН и фирма OMNITEL Ltd. при изграждане на интегрирана система за управление на микроклимат, осветление и ефективно използване на електрическа енергия съгласно изискванията на WMCS 100.

В рамките на третата сесия „Интелигентни управляващи

системи и управление на данни“ бяха представени задачи от различни области, в които се срещат и решават проблеми, отнасящи се до управление и анализ на големи масиви от данни – „A Survey in deep Convolutional Neural Networks for Diagnosis of Diseases“, „Dual MLP for Time Series Forecasting with Hidden Layer Sharings“, „Petri Nets in Modelling of Supervisor Based Agent Cooperation“. Бяха разгледани проблеми, свързани с предизвикателствата при използване на възстановяема енергия при телекомуникациите „Key Drivers and Main Challenges for Renewable Energy in Telecommunications“.

По време на четвъртата сесия „Приложения на възможностите на големи данни“, се допусна по-голяма свобода на тематиките, които бяха представени със следните доклади: „A Study About Reliability Assessment of Power System“, „Trends and Challenges of Big Data: A Review“, „Personal Assistance with Ontology Based Knowledge“ и „Holistic Approach to Data Protection – Identifying the Weak Points in the Organization“.

Участниците в международната конференция оцениха положително възможността да се реализира среща между различни специалисти в България и региона, работещи в актуалната научна област „Големи данни“, за споделяне на информация, без да се фокусира върху върхови научни постижения.

Доц. д-р **Румен Андреев**

26-и международен симпозиум „Управление на енергийни, индустриални и екологични системи“

На 10 и 11 май 2018 г. в Баня, хотел „Жеравна“ се проведе традиционният ежегоден 26-и международен симпозиум „Управление на енергийни, индустриални и екологични системи“, организиран от Съюза по автоматика и информатика „Джон Атанасов“ със съдействието на ФНТС. В повече от четвъртвековното си съществуване симпозиумът е поддържал неизменно линията за събиране на специалисти от промишлената автоматика и информатика както от изследователски групи, така и от индустрията.

Основен акцент и в поредното издание на симпозиума продължи да е обменът на знания и информация и практически опит в утвърдената му от години тематична област на обхват. На симпозиума бяха изнесени един пленарен доклад, 20 секционни доклада, групирани в пет тематични сесии, две представяния на фирми и дискусия. Пленарният доклад на акад. Минчо Хаджийски „Развитие на методите за адаптация и обучение в съвременната автоматика“ беше посветен на тези две особено актуални научни направления, възникнали през изтеклите две десетилетия, но бурно развиващи се през последните години с масово навлизане в индустрията, управлението на интегрирани системи, операционните изследвания и редица неиндустриални области (медицинско обслужване, електронно правителство, образование).

Секционните доклади бяха комплектовани в сесии: „Включване на оценката на риска в системите за техническо поддържане на съоръженията“ (четири доклада); „Оптимизация на компоненти и системи за енергиен мениджмънт“ (четири доклада); „Машинно обучение“ (четири доклада); „Ефективност на системи с вторични енергийни ресурси“ (четири доклада); „Системи за автоматично управление“ (четири доклада).

Специална сесия беше посветена на представянето на две водещи фирми в областта на индустриалната автоматика у нас: Ханиуел ЕООД и Ритал ЕООД.

Проведена беше дискусия на тема „Взаимодействие между информационните технологии и проблемите на енергийната ефективност за намиране на нови решения“.

Модератор на дискусията беше проф. Ганчо Вачков. Дискусията предизвика голям интерес. Изказванията на проф. Ганчо Вачков, инж. Юлиан Божков (изпълнителен директор на Ритал ЕООД), акад. Васил Сгурев, акад. Минчо Хаджийски, доц. Иван Симеонов и редица още участници в симпозиума предизвикаха активна реакция и разностранен обмен на мнения и излагане на позиции.

Трудовете на симпозиума бяха отпечатани предварително в спретнат том. Най-добрите публикации са предоста-

вени на редакцията на списание „Автоматика и информатика“ за рецензиране, доработване съобразно бележките на рецензентите и евентуално публикуване в списанието съгласно съществуващата от години традиция.

Организационният комитет под ръководството на проф. Коста Бошнаков беше решил сполучливо всички технически и организационни въпроси. Състояният се традиционен банкет на симпозиума и кафе-паузите позволиха да се реализират ползотворни контакти.

На симпозиума се прояви типичната атмосфера на взаимно уважение и интерес между представителите на индустрията, инженеринговите организации и изследователските звена.

На заключителната сесия беше взето решение симпозиумът да се проведе за 27-и път и през следващата година.

Акад. **Минчо Хаджийски**
Председател на Програмния комитет

Нови професори в областта на автоматиката и информатиката



Проф. д-р **Александра Грънчарова**

Александра Грънчарова получава степените магистър и доктор по автоматизация на производството в Химикотехнологичния и металургичен университет (ХТМУ – София) съответно през 1989 г. и 1998 г. От 1994 г. до 2014 г. тя работи в Българската академия на науките, където се хабилитира през 2004 г. От 2015 г. тя е доцент в катедра “Автоматизация на производството” на ХТМУ – София, а от 2018 г. е професор в същата катедра. Проф. Грънчарова е съавтор на монографията *Explicit Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Applications*, публикувана от издателството Springer през 2012 г. и съредактор на книгата *Developments in Model-Based Optimization and Control: Distributed Control and Industrial Applications*, публикувана през 2015 г. от Springer. Тя е автор на три учебника за студентите от ХТМУ (*Управление на базата на модели, Оптимални и робастни системи, Проектиране и анализ на системи за управление*). Нейните професионални интереси са в областите: оптимално управление на нелинейни динамични системи; явно решаване на задачите на моделното предсказващо управление на системи с ограничения; моделиране, симулация и оптимално управление на химикотехнологични процеси; разпределено оптимално управление

на взаимосвързани системи. Проф. Грънчарова е автор на повече от 120 статии в тези области, повечето от които са публикувани в най-престижните международни списания и са докладвани на авторитетни международни конференции в областта на автоматичното управление. Тя е член на редакционните колегии на списание “Автоматика и информатика” (издавано от Съюза по автоматика и информатика “Джон Атанасов”) и списание “Science, Engineering & Education” (издавано от ХТМУ – София), както и член на програмните комитети на редица престижни международни конференции. Проф. Грънчарова е представител за България в Европейската асоциация по управление (EUCA) и е член на някои от техническите комитети на Международната федерация по автоматично управление (IFAC).

Тя е била гост-изследовател и гост-преподавател в редица университети и институти в чужбина: Датски технически университет (Люнгни, Дания), Норвежки университет за наука и технологии (Трондхайм, Норвегия), Университета във Вупертал (Германия), Института Йозеф Стефан (Любляна, Словения), Университета в Нова Горица (Словения), Университета в Лунд (Швеция), Университета Париж-Сакле (Париж, Франция).

Rittal – The System.

Faster – better – everywhere.



VX25.
**SYSTEM
PERFECTION.**

- ENCLOSURES
- POWER DISTRIBUTION
- CLIMATE CONTROL
- IT INFRASTRUCTURE
- SOFTWARE & SERVICES



RTU2020 – характеристики и спецификации

Увод

Терминалът за телеметрично управление RTU2020 на Ханиуел е мощен модулен мащабируем контролер за ранообразни приложения за отдалечено управление и автоматизация. Комбинацията със система Experion дава възможност за решаване на голям спектър от задачи в най-различни сфери на индустрията.

RTU2020 дава отлична възможност за пълна реализация на потенциала на производствените мощности чрез сигурно, надеждно и ефективно телеметрично наблюдение, диагностика и управление на активите.

Основни свойства

- Модерен и мощен CPU.
- Най-ниската консумация в този пазарен сегмент – само 1.8 W за нерезервиран контролер.
- Ползва стандартни индустриални протоколи Modbus & DNP3 с възможност за избор на режим – master или slave.
- Сигурна комуникация чрез идентификация и криптиране.
- Осигурява предаване на HART данни от полеовото оборудване към процесора.
- Отдалечена диагностика и поддръжане на полеви HART устройства.
- Разширен температурен диапазон на работа от -40 to 75°C (-40 to 167°F).
- Висока надеждност.
- Лесно инсталиране и окабеляване.
- Ефективна програмна среда, базирана на стандарт IEC 61131-3.
- Интегрирани приложения за изчисляване на изразходване на газ и течни горива.



- Ефективна комуникация за uplink и downlink.
- Запис на данни в паметта на процесора, но може и на допълнителна локална SD карта.
- Сертифициран за ползване в зони, отговарящи на FM/CSA Class I Division 2, IEC Ex Zone 2 и ATEX Zone 2

Най-ниска консумация

RTU2020 притежава една от най-ниските консумации на електрическа енергия на пазара – обикновено около 1.8 W, дори когато се ползва HART (за разлика от други контролери, които консумират повече енергия при ползване на HART).

В резултата на по-ниската консумация и излъчването на топлина е редуцирано съществено. Това, комбинирано с алуминиевото тяло на контролера и оптимално проектираните пътища за отвеждане на топлината, намалява стреса върху компонентите, което от своя страна увеличава надеждността. Няма нужда от охлаждане дори при монтаж в тропически условия.



Издръжливост при тежки условия

RTU2020 е проектирана да издържи на най-тежки външни условия с работен температурен диапазон от -40 до 75°C и влажност от 5% до 95%. Повечето RTU на пазара достигат само до 70°C. RTU2020 има защитно покритие, сертифицирано за работа в среда G3 и в опасни зони.

RTU-тата често се инсталират в непосредствена близост до метални конструкции, което увеличава риска от пикови преходни напрежения. За редуциране на този риск всеки входно-изходен канал и всеки комуникационен порт е проектиран със защити за потискане на влиянието на тези пикови напрежения.

Вископроизводителен контролер с вградени входно-изходни канали, поддържащи HART

RTU2020 има модерен 667 MHz процесор, притежава 28 входно-изходни канала, вградени на дънната платка:

- аналогови входове – 8;
- аналогови изходи – 2;
- цифрови входове – 10;
- цифрови изходи – 6;
- импулсни входове – 2.



RTU2020 може да се разшири чрез добавяне на входно-изходни разширителни модули, всеки един от които има същия тип и брой сигнали както на модула с CPU.



RTU2020 нерезервиран контролер с разширени входно-изходни модули

Важно е да се отбележи, че вградената HART функционалност на RTU2020 не изисква добавянето на специални и скъпи HART входно-изходни модули и допълнителни външни устройства.

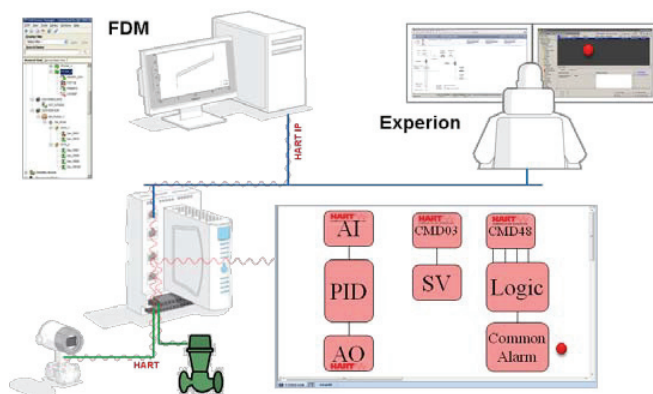
RTU2020 е с два входно-изходни порта, готови за добавяне на разширителни входно-изходни модули. Такива модули могат да се добавят не само при първоначално инсталиране, но и в бъдеще, съобразно нуждите.

Стойност на HART

Интеграцията на функционалностите на RTU и HART дават възможност за значително усъвършенстване на диагностиката и поддържането на оборудването. Автоматизира и ускорява идентификацията на нежелани състояния, като и осигурява

превенция от появата на такива състояния. Това означава, че персоналът може да оптимизира своята работа да постигне по-добри производствени резултати.

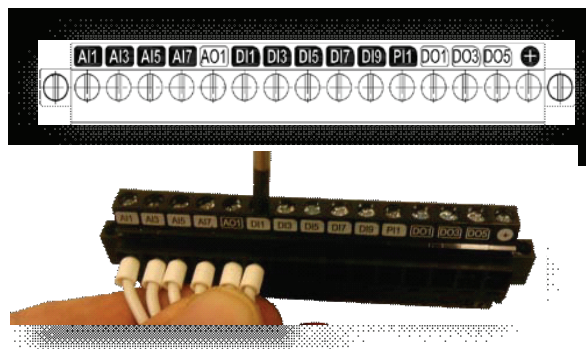
На фигурата е показано как RTU2020 има достъп както до цифровите данни за процеса на HART устройството, така и до неговите диагностични данни.



Данни на HART, достъпни от RTU & отдалечено

Ефективно окабеляване и асемблиране

Окабеляването на вградени терминали може да бъде досадно и водещо до грешки. За да се справи с този проблем, RTU2020 е проектиран с подвижни терминали, които могат да се държат в ръка по време на окабеляване. В допълнение типът на сигнала, както и неговият номер са принтирани на всеки терминал, което дава възможност на техника да идентифицира коректното свързване на полевите кабели.



Гъвкава комуникация, стандартни протоколи и портове

Две основни свойства, които различават RTU от PLC, са възможностите за комуникация и свързаните с това запис и буферизиране на данни за историята на процеса. RTU-тата често се свързват към ненадеждна мрежа с ниска пропускателна способност. Те трябва да комуникират както slave устройства към отдалечена SCADA система, често по резервирана мрежа, която ползва две различни комуникационни среди, но често и като master to local подсистеми като газ хроматографи и

интелигентни устройства. В такъв тип стратегии – съхрани и препрати, ако комуникацията със SCADA се прекъсне, тогава RTU-то трябва да буферира данни. След възстановяване на комуникацията буферираните данни се предават към SCADA.

RTU2020 поддържа Modbus и DNP3 чрез:

- два Ethernet порта;
- два RS-232 серийни порта и
- два RS-485 серийни порта.

С DNP3 възстановяването на буферираните данни обратно към Experion е стандартна функционалност. За да се адаптира това обратно възстановяване към пропускателната възможност на мрежата, пропускателната способност към аналоговите сигнали може да се адаптира отдалечено от Experion.

Висока надеждност за достъп до данни чрез гъвкав метод за запис и съхранение

RTU2020 притежава способност за гъвкаво съхранение на данни от процеса. Те могат да се съхраняват във флаш паметта на процесора или на SD карта, намираща се на дънната платка, поддържаща масиви от данни до 32GB. Това предпазва от загуба на важни данни.

Тези данни могат да се извлекат от сървъра и да бъдат визуализирани чрез различни стандартни приложения в Windows. RTU2020 може да записва данни непрекъснато на предварително зададени интервали от време или записването може да се инициира от възникването на предварително зададено събитие.

Файловете с данни могат да бъдат извлечени дистанционно чрез RTU Builder и след това да бъдат показани или импортирани от много приложения на Windows. RTU2020 може да записва данни непрекъснато на предварително определен интервал или записването на данни може да бъде предизвикано от събитие.

Интерирана програмна среда RTU Builder

RTU Builder е интегрирана програмна среда за дизайн, конфигуриране, програмиране и поддръжка. RTU Builder е напълно съвместим със стандарта IEC 61131-3, поддържащ език за програмиране:

- Ladder Diagram (LD);
- Function Block Diagram (FBD);
- Structured Text (ST);
- Instruction List (IL);
- Sequential Function Chart (SFC).

В добавка към основните функционални блокове, част от IEC 61131-3, RTU Builder включва проектирани от Ханиуел функционални блокове, отразяващи задълбочения опит в индустриалната автоматизация, който фирмата притежава. Функционалните блокове включват алгоритми като PID,

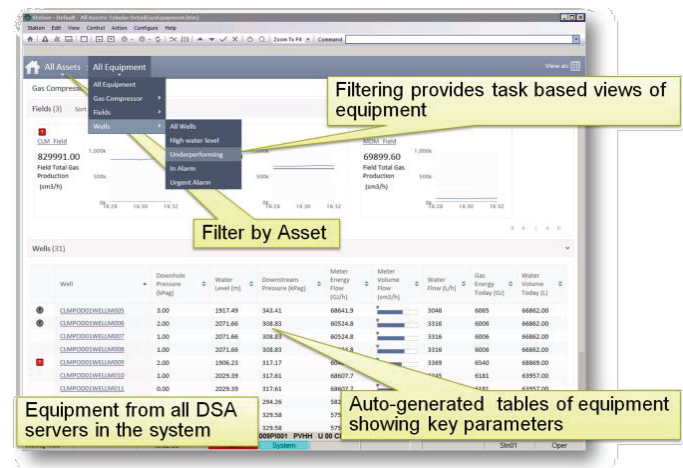
Device Control, Auto Manual, Fan Out, Ratio Control, Position Proportional, Totaliser, AGA калкулатор за газове и течности, както и много други.

RTU Builder е проектиран да работи локално или отдалечено чрез TCP/IP (например централна зала за управление).

Повишена ефективност чрез RTU Builder

• Ефективно копиране на RTU програмите върху много физически RTU-та. Първоначално се прави един типов дизайн, който се репликира върху всички RTU, изпълняващи еднакви задачи.

• Възможност за отдалечен firmware upgrade.
• Отдалечена диагностика на състоянието на самото RTU.



Experion екранно оборудване

Experion and RTU2020

RTU202 е проектиран за работа с всяка SCADA система благодарение на отворените протоколи, които поддържа. Когато е комбиниран с Experion, RTU2020 разкрива допълнителни възможности – по-лесно конфигуриране, по-ефективна визуализация и анализ на аларми и данни. Чрез технологията на шаблоните конфигурирането, модификацията и визуализацията на еднотипни обекти става още по-ефективна.

За контакти:

ХАНИУЕЛ ЕООД
бул. Христофор Колумб 64, СЕЦ _ ЛС 1
1528 София
тел. 02 4020 900, факс 02 4020 990
www.honeywell.com

AUTOMATICA & INFORMATICS

YEAR L

No. 2/2017

Official publication of the Bulgarian
John Atanasoff Society of Automatics
and Informatics (SAI)

Editorial Office

SAI, 108 Rakovski st.
1000 Sofia, Bulgaria
tel: (+ 359 2) 987 61 69
e-mail: sai.bg.office@gmail.com
www.sai.bg

CONTENTS

Models of Walking Robot Intelligent Behaviour at Movement on Slopes and Stairs <i>Trifonov, R., G. Pavlova, I. Pavlov</i>	3
Modeling of the Energy Consumption for Melting of the Frozen Free Water in Logs <i>Deliiski, N., N. Tumbarkova</i>	9
Control of Certain Processes in Biological Wastewater Treatment <i>Boshnakov, K., C. Li, L. Fan</i>	14
Photovoltaic Plant as a Complementary Source of Electrical Energy <i>Angelov, A., N. Shakev, G. Ganey</i>	18
Recognition of Toxic Zones in Irregular Dairy Products Storage <i>Mladenov, M.</i>	24
Processing of Biometrical and Medical Image Databases <i>Stoeva, M., V. Bojikova, G. Kunev</i>	29
Application of the IBM Watson Internet of Things Platform <i>Atanasov, A.</i>	34
Intelligent Approach for Optimal Operations Scheduling in Furniture Manufacturing <i>Belev, Y., I. Bachkova, G. Popov</i>	39
International Conference “Automatics and Informatics 2017” <i>Hadjiski, M.</i>	44
Fourth International Conference „Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering – BdkCSE'2017“ <i>Andreev, R.</i>	45

Указател на рекламните и рекламно-информационните материали

САТ – 2 корица
ФНТС – 3 корица
СИМЕНС – 4 корица
СОФСПРАВКА – стр. 8
СОФЕНА – стр. 25
РИТАЛ – стр. 48
ХАНИУЕЛ – стр. 49, 50, 51

Абониране

За сп. „Автоматика и информатика“

Абонирането за сп. „Автоматика и информатика“
може да става чрез:

- Фирми-разпространители.
- САИ – целогодишно:
директно в редакцията;
чрез дружествата и клубовете на САИ;
с превод по банковата сметка на САИ.

Годишният абонамент е 24 лв. (с ДДС)

Членовете на САИ (категория А) ще получават списанието
безплатно от датата на заплащане на членския си внос.
Ограничен тираж от списанието ще се продава в
технически книжарници и в САИ.

Банкова сметка:

с/ка: BG81BPBI79421044117201
BIC: BPBVBGSF
Юробанк България АД
клон София – окръг
ул. „Г. С. Раковски“ 137
София 1000

Адрес на редакцията:

ул. „Г. С. Раковски“ 108
София 1000
тел. 02/987 61 69
e-mail: sai.bg.office@gmail.com
www.sai.bg