

РЕЗЮМЕТА
на основните резултати и научните приноси
на доц. д-р инж. Атанас Велков Атанасов,
представени за участие в конкурс за „Професор“ по научната специалност
5.2. Електротехника, електроника и автоматика (Автоматизирани системи
за обработка на информация и управление), обявен в ДВ, брой
108/22.12.2020 г.

Научните ми трудове и дейности са в областите на: предсказващата поддръжка на технологични съоръжения; системите за препоръки при големите данни; приложение на методите на изкуствения интелект (Case-Based Reasoning, Sentiment Analysis, Machine и Deep Learning) за адаптивно и персонализирано обучение на студентите; метриките за близост и подобие на скаларни и вектор функции в абсолютен и относителен смисъл; системите за управляване на изискванията при разработката на софтуерните проекти; разработката на гъвкави, процесноориентирани софтуерни архитектури и системи за реално време и др.

Резултатите от научните трудове са публикувани в 64 труда, от които 11 в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация и 53 в списания с научно рецензиране и в редактирани колективни томове.

1. Предсказваща поддръжка на технологични обекти и съоръжения.

(A.2, A.7, A.8, B.10, B.14, B.16, B.23, B.28, B.34 B.36, B.37, B.40, B.48, B.50, B.51)

Предсказващата диагностика и поддръжка на технологични съоръжения е методология, чрез която се удължава живота на техническите съоръжения и системи и едновременно с това се оптимизират ремонтните им разходи. Според водещи фирми в областта всеки един долар инвестиция в предсказваща поддръжка води до между седем и тридесет и пет пъти възвръщаемост.

Изследването и анализът на специфичните особености, свързани с поддръжката на Peirce-Smith конвертори, е от съществено значение за разработката на подходяща методология за обработка и филтрация на данните, създаване на ефективни методи за предсказване на времето за ремонт, както и за генериране на изводи за манипулиране на фурмите на съоръжението, с цел равномерно износване на стените му.

Научните изследвания и анализи по темата са насочени към разработка на цялостна система за предсказваща поддръжка, която да подпомогне операторите на технологични съоръжения за вземане на адекватни решения, базирани на натрупания, обобщен и съхранен в специална база данни експертен опит.

Изследвани са и са анализирани видовете стандарти и архитектури за диагностика и поддръжка на технически обекти и съоръжения [B.10, B.14], като от утвърдените четири основни метода за поддръжка като най-ефективен от техническа и икономическа гледна точка е избран методът за предсказващото поддържане и неговите вариации CBM (Condition Based Monitoring) и PHM (Prognostics and Health Monitoring) [B.48].

На основата на тези анализи са формулирани изисквания към системите за предсказваща поддръжка на съоръжения от индустрията.

Изследвана е класификацията на различните категории методи за прогностика на състоянието на технически съоръжения: статистически метод, методи на изкуствения интелект и моделно-базирани методи и техните подкатегории. Един от най-подходящите за използване за целите на предсказващата диагностика методи е методът за вземане на решения на базата на прецеденти (Case-Based Reasoning /CBR/), чиито етапи на работа (R^4 цикъл Retrieve, Reuse, Revise и Retain) подробно са разгледани в цитираните по-горе публикации [A.8, B.28]. Това е безмоделен метод, базиран на концепцията, че сходни проблеми имат сходни решения.

Направен е сравнителен анализ на софтуерни платформи, реализиращи метода на прецедентите [B.16, B.23, B.28] и платформи за предсказваща поддръжка. След анализа като най-подходящи бяха избрани софтуерната платформа за анализ и вземане на решения MicroStrategy Analytics [B.50] и платформата myCBR [A.8].

Анализирани са характеристиките и особеностите на Peirce-Smith конверторите, които са обект на предсказващата поддръжка и е създадена база данни, съдържаща данни от измервания и данни, основани на знания.

Разработени са методи и алгоритми за предварителна обработка на суровите данни с оглед на подобряване на резултатите, получени от методите, реализиращи предсказващо поддържане на технологични съоръжения.

Разработени, изследвани и анализирани са различни методи за предсказване на състоянието на Peirce-Smith конверторите [A.7, B.51].

Разработени са два софтуерни модула, реализиращи различни функционалности на метода на прецедентите. Реализиран е пълен R^4 цикъл за

вземане на решения по метода на прецедентите, свързани с предсказване [В.34, В.40] на продължителността на кампанията и за управление на фурмите.

Разработен е стохастичен алгоритъм [А.2], симулиращ износването на стената на Peirce-Smith конверторите в областта на фурмения ред. Чрез алгоритъма, освен че се симулира дебелината на стената, се определя и продължителността на кампанията на основата на вероятностни характеристики.

Изградена е цялостна интегрирана софтуерна платформа за предсказваща поддръжка на Peirce-Smith конвертори [В.36], която е съставена от шест модула: модул за обработване на постъпилите данни от конвертора, модул за анализ на състоянието на фурмения ред, модул за предварителна обработка на данните, модул за вземане на решение за управлението на фурмения ред, модул за вземане на решение за продължителността на кампанията и модул за предсказване на състоянието на технологичното съоръжение. Системата е разработена в средата на софтуерната платформа MicroStrategy Analytics, като са използвани богатите ѝ възможности за визуализации на данни, справки и анализи, достъпни за много на брой потребители през уеб интерфейс [В.37] през различни видове браузъри, мобилни и стационарни устройства.

По темата е защитен дисертационен труд от ас. инж. Ф. Томова под ръководството на доц. д-р инж. Ат. Атанасов и проф. д-р инж. К. Бошнаков.

2. Интелигентни електронни системи за обучение, базирани на методите на изкуствения интелект

(А.1, А.8, В.1, В.2, В.3, В.4, В.5, В.6, В.32, В.41, В.44, В.46, В.49)

През последните години инвестициите в интелигентните електронни системи за обучение (ИЕСО) бележат значителен ръст, като особено големи са те в сферата на висшето образование. Една от основните цели на тези системи е персонализиране на обучението на студентите на основата на адаптивно обучение, на диференцирано обучение, базирано на анализ на когнитивните им способности. Персонализираното обучение е свързано с анализа на индивидуалните възможности на студентите за разбиране, запомняне и обобщение на преподавания им материал, като се отчитат и специфични фактори като забравяне, умора, психически състояния като разконцентрираност, негативни емоции, немотивираност и др. Технологиите за персонализирано обучение в ИЕСО са пряко свързани с постиженията в областта на изкуствения интелект и по-специално в области като машинното и дълбочинното обучение (Machine and Deep Learning), системите, базирани на метода на прецедентите (CBR), системите за препоръки, системите за анализ на мнение (Sentiment

Analysis) и обработка на данни на естествен език (NLP), разработката на адаптивни алгоритми за обучение и др.

Направен е задълбочен анализ на софтуерни платформи за машинно и дълбочинно обучение [B.6] с оглед разработката на алгоритми и софтуер за разпознаване на образи и на лицеви емоции. Изследвани са множество обучени дълбочинни невронни мрежи за лицево разпознаване и възможностите им за адаптация за разпознаване на лицеви емоции. Анализирани са множество етикетирани набори от данни с лицеви емоции, като са избрани най-подходящите за обучение на селектираните обучени невронни мрежи.

На основата на анализа са избрани два предварително обучени модела за разпознаване на лица. Моделите са дообучени да разпознават лицеви емоции [A.1] чрез допълнително обучение с два различни етикирани набора от изображения (CK-dataset и FER 2013 dataset), като средната им точност на предсказване на основните 7 лицеви емоции е 57% за първия набор от данни и между 60% и 70% за втория набор от данни. Моделите са верифицирани за разпознаване на лицеви емоции чрез собствен набор от снимки с емоции на студенти, като положителните емоции са предсказани вярно в повече от 80% от случаите.

На основата на двата предварително обучени модела са разработени две системи [B.1] на Python. Едната е за разпознаване на лицеви емоции. Тя е използвана за регистрация на емоциите на студентите по време на онлайн лекциите и упражненията през 2020 г. в ХТМУ. Анализът на емоциите (щастие, тъга, страх, отвращение, гняв, изненада и неутрално) на студентите е използван за персонализиране на учебния материал на студентите, за разработка на нови лекции и онагледяването им с подходящи примери и видео презентации. Втората система е за лицево разпознаване на студентите и е използвана за разпознаване и допускане на студентите до онлайн лекции и упражнения, както и за отчитане на посещаемостта (отсъствието) на занятията. Тази система може да се адаптира и за регистрация и достъп на преподавателите и студентите до сградите на университета.

Разработени са два алгоритъма (модела) за анализ на мнение [B.2], базирани на Multinomial Naïve Bayes (MNB) и Support Vector Machines (SVM), които са обучени да извличат мнение (положителни, отрицателни и неутрални оценки) от етикетирани множества данни. Те са тествани и валидирани на основата на петкратно кръстосано валидиране (K-fold cross-validation). Алгоритмите първоначално са разработени на Java на базата на библиотеката за машинно обучение ML-pipeline на SPARC [B.4, B5], а впоследствие на Python [B3] чрез библиотеките за машинно обучение на Scikit-learn и обработка на естествен език (NLTK). На основата на множество тестове с различни набори от данни е доказано, че моделът базиран на SVM дава с 5% по-добри предсказания (оценки)

от MNB модела (92% срещу 87%), като при оценяването са използвани метриците Precision, Recall и F1-Score. Разработените системи за анализ на мнение могат да се приложат за оценяване на качеството (рейтинга) на отделни лекции или лекционни курсове. На основата на рейтинга може да се формират и препоръките, които да служат на студентите за избор на подходящи за посещаване лекции, а на преподавателите да служат като обратна връзка за обновяване на лекционния материал.

Разработена е платформа за адаптивно тестване на знанията на студентите [B.32, B.41], базирана на съвременната теория за адаптивно тестване (Item Response Theory /IRT/). Адаптивният тест оценява знанията на студента в реално време, като трудността на всеки нов въпрос (item) се формира на базата на знанията му, придобити от отговорите му на предишните въпроси. Тестовите са базирани на вероятностен подход, като вероятността за правилен отговор е функция на възможностите на индивида, дискриминативността на въпроса, неговата трудност и вероятността за случайно отгатване на верния отговор. На основата на адаптивните тестове платформата позволява знанията на отличните студенти да бъдат оценявани чрез малко, но с постоянно увеличаваща се трудност въпроси и обратно – знанията на по-слабите студенти – чрез много повече по-лесни въпроси, като подходът рефлектира върху крайната оценка.

Резултатите от работата на адаптивната платформа (оценките на студентите и броя на тестовите въпроси, времето за решаване на теста), както и от оценките, генерирани от тестовата система *Архимед* [B.46] на Катедра „Информатика“, са използвани в разработката на система за формиране на извънаудиторна заетост [B.44, B.49] на студентите по дисциплината „Информатика“. Системата използва метода на прецедентите [A.8] и е разработена на платформата myCVR. Изборът на платформата е направен след обзор и задълбочен анализ на софтуерните платформи, реализиращи метода на прецедентите, извършен по тема 1 по-горе.

Изследванията и резултатите по темата са свързани с проект „Синергия между процесуална философия и елементи на изкуствения интелект в теория на обучението“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“, както и с разработката на дисертационен труд от ас. инж. Е. Янев под ръководството на доц. Ат. Атанасов. Докторантът е отчислен с право на защита и трудът предстои да бъде защитен.

3. Метрики за близост и подобие на скалярни и вектор функции в абсолютен и относителен смисъл

(A.4. A.5. B.18. B.19. B.20. B.24)

Научните изследвания са в областта на апроксимация на функции и N-мерна условна оптимизация и са свързани с дефинирането и използването на различни

метрики за близост и подобие в абсолютен и относителен смисъл на скалярни и вектор функции.

Разгледана е следната, често срещана в инженерните и научни практики, апроксимационна задача [A4, A5]. Дадена е функция и набор от условия, които дадената функция не удовлетворява. Да се намери такава функция, която удовлетворява условията и в същото време минимизира разстоянието между себе си и зададената функция. Разгледаните условия са линейни и са от тип гранични или интегрални условия. Дадената функционална зависимост и условията могат да идват от експериментални резултати, предсказания на математически модел, теоретични изисквания, и т. н.

При решаване на подобни задачи за метрика, т.е. разстояние между две функции, обикновено се използва L^2 -норма (Евклидова норма) на аритметичната разлика между двете функции. Невинаги обаче това е най-подходящата метрика. Например при апроксимация на неотрицателни функции понякога е необходимо да се осигури неотрицателност и на резултата. В такива случаи обикновено се въвежда ограничение за неотрицателност от тип неравенство и след дискретизация на проблема се прилага метода на неопределените коефициенти на Лагранж, като се използват условията на Каруш-Кун-Такър, бариерни или наказателни методи и други. За осигуряване на неотрицателност на резултата е предложен алтернативен подход, при който Евклидовата метрика се заменя с L^2 -нормата на геометричната разлика [A.5], т.е. логаритъм от отношението между дадената и търсената функции. Показано е, че при малки абсолютни отклонения геометричната разлика е добро приближение на относителното отклонение [A.4, A.5]. Показано е, че използването на геометричната разлика в дефиницията на метриката гарантира неотрицателност на резултата, както и приблизително равномерно разпределение на относително отклонение отклонение [A.4, A.5].

В други случаи е по-важно да се гарантира подобие на дадената и търсената функции, отколкото близост по функционални стойности. Това означава, че търсената функция трябва да изглежда подобна на дадената, въпреки че по функционални стойности двете функции може да са отдалечени значително. В тези случаи при дефиницията на метриката вместо L^2 -норма (Евклидова норма) е предложено използването на H^1 -полунорма [B.18, B.20]. H^1 -полунормата е използвана за дефиниране на подобие между скалярни и вектор функции [B.18] на една независима променлива и са предложени интересни приложения на тази метрика за решаване на различни оптимизационни проблеми [B.20], както и за решаване на гранични задачи за обикновени диференциални уравнения от втори ред.

Когато дадената задача изисква търсената функция да е подобна на дадената в относителен смисъл, тогава за метрика е предложено използването на H^1 -полунормата на геометричната разлика [A.4, B.24].

Апроксимационната задача е решена в общ вид за четирите разгледани метрики, стандартната Евклидова метрика и предложените три нови метрики: L^2 -норма на геометрична разлика, H^1 -полунорма на аритметична разлика, и H^1 -

полунорма на геометрична разлика [A.4, B.19]. За целта четирите апроксимационни задачи са дискретизирани и сведени до крайномерни (N-мерни) условни оптимизационни задачи. Съставени са четири целеви функции, отговарящи на четирите различни метрики. Линейните условия са записани в матричен вид. За решаване на условните оптимизационни задачи е използван методът на Лагранж на неопределените коефициенти [B.20, B.24]. За всяка от задачите е съставен Лагранжиан и са изчислени производните му. В случаите, когато в дефиницията на метриките се използва аритметична разлика, възникващите системи от уравнения са линейни. Тези системи са решени точно в матричен вид. В случаите когато в метриката се използва геометрична разлика възникващите системи от уравнения са нелинейни. За тяхното решаване са разработени подходящи самосъгласувани итеративни процедури, които са комбинация от метод на Нютон и метод на простата итерация. Разработени са MATLAB програми, които имплементират предложените процедури. Решени са конкретни примерни задачи. Демонстрирано е, че използването на геометричната разлика в дефиницията на метрика гарантира неотрицателност на резултата и приблизително равномерно относително отклонение, а използването на H^1 -полунормата осигурява подобие.

Избирането на подходящата метрика зависи от конкретната задача. Когато функцията описва величина, която може да приема както положителни, така и отрицателни стойности – например позиция относно ос, компонента на скоростта, компонента на силата, потенциална енергия и т.н., използването на L^2 -нормата на аритметичната разлика е по-подходящо [A.4]. Когато обаче функцията описва величина, която по своята същност може да бъде само неотрицателна – например обем, маса, плътност, кинетична енергия и т. н., тогава е по-подходящо за метрика да бъде използвана L^2 -нормата на геометричната разлика [A.4, A.5, B.24]. Когато търсената функция трябва да бъде подобна на дадената в абсолютен или относителен смисъл, но не е задължително да бъде близка по функционални стойности, тогава, при дефиниране на метриката, е подходящо да се използва H^1 -полунормата на аритметичната [B.20] или геометричната разлика [B.19].

Предложените метрики са приложени за намиране на най-подобната функция на дадена целева функция при наличие на гранични условия и интегрални услови от тип нормировка или нормировка с тегло. При наличие на непълни и частично несъвместими експериментални данни е определена повърхността на течност във въртящ се цилиндричен съд [B.20], като е използвана метриката, базирана на H^1 -полунормата. На базата на същата метрика е разработен метод за итеративно решаване на диференциални уравнения от втори ред при наличие на гранични условия [B.18, B.20] и предложеният метод е приложен за определяне на формата на тънка еластичен неразтеглива пластина, намираща се под натиск [B.20]. H^1 -полунормата е приложена и за определяне на най-подобни траектории при двумерни вектор функции [B.18]. Подходът търпи тривиално обобщение за N-мерни траектории. Методът е приложен за намиране на балистично движение на обекти в хомогенно гравитационно поле [B.18]. За

намиране на най-близки и най-подобни функции в относителен смисъл при наличие на интегрални и гранични условия са приложени L^2 -нормата [B.24] и H^1 -полунормата [B.19] на геометричната разлика. Решени са различни конкретни математически задачи. Определени са концентрационните профили на ензим с течение на времето [A.5] и е демонстрирано, че получените функционални зависимости са много по-близки до действителните, отколкото при използване на аритметична разлика [B.24]. Показано е, че използването на аритметична разлика може да доведе до отрицателни концентрации. Показано е, че предложените нови метрики, базирани на геометрична разлика осигуряват неотрицателност на резултата и приблизително равномерно разпределение на относителното (процентно) отклонение в целия дефиниционен интервал.

Темата е надграждане и продължение на научната тематика на защитения дисертационен труд от ас. С. Филипов под ръководството на доц. д-р инж. Ат. Атанасов.

4. Системи за препоръки при големите данни

(B.5, B.7, B.8, B.9, B.11, B.12, B.13, B.15, B.17, B.25, B.53-книга)

Системите за препоръки (Recommender Systems) са технологии на изкуствения интелект, които са се превърнали в неразделна част от работата на много компании, предприятия и бизнеси. Те са важна част от екосистемата за електронна търговия и представляват мощен инструментариум, който позволява на потребителите да филтрират големи количества информация (големи данни - Big Data) и продуктови пространства. Системите за препоръки принадлежат към класа на персонализираните информационни филтриращи технологии, които смислено подсказват от кой наличен продукт или стока клиентът би могъл да се заинтересува. Модерните системи за препоръки използват информация за предишните покупки (история) и за удовлетвореността на клиентите с цел да им предоставят висококачествени персонализирани препоръки.

В публикациите са изследвани техниките за обработка, съхранение, извличане и анализ на информация от големи масиви от данни (Big Data) [B.9] и различните предизвикателства и проблеми, свързани с техните характеристики [B.25] като обем, разнообразие, скорост, сложност, навременност, поверителност и др.

Анализирани са възможностите на известните платформи за обработка и извличане на информация от големите данни (Hadoop с HDFS и MapReduce) [B.17], както и на алгоритмите за машинно обучение и библиотеките за машинно обучение, ориентирани към работа с големи данни (Apache Spark)[B.12].

Разработени са алгоритми за съвместно филтриране [B.13] с цел генериране на препоръки от големи масиви с данни на основата на най-популярните техники за съвместно филтриране, а именно: базирани на потребител и базирани на продукт от техниките, базирани на памет[B.8]; ALS (Alternating Least Squares) от техниките, базирани на модел.

Разработени са алгоритми за анализ на мнение [B.5, B.7] за текстов анализ и предсказване на тенденции от големи етикетиранни множества от данни. За целта са използвани и адаптирани два от най-известните класификационни алгоритми: Naïve Bayes и Support Vector Machine.

Разработени са два типа хибридни системи за препоръки [B.11], които са нови и различни от съществуващите хибридни системи. В първия тип са използвани нови алгоритми за съвместно филтриране, като системата за препоръки е базирана на каскадна хибридизация. Във втория тип са използвани алгоритми за анализ на мнение, като системата за препоръки е базирана на смесена хибридизация.

Разработените нови алгоритми за извличане на знания от големи данни са обединени в софтуерна платформа, наречена *облачно базирана хибридна система за препоръки* [B.11, B15]. Алгоритмите са разработени на езика Java на основата на библиотеките за машинно обучение Apache Mahout и Apache Spark.

Направена е експериментална оценка на възможностите за предсказване и класификация на всички алгоритми на платформата върху избрани множества от етикетиранни данни (Yelp, Amazon labeled datasets). Чрез разработения алгоритъм [B.13] за съвместно филтриране са преодолените трите главни предизвикателства на системите за препоръки при големи множества от данни: студен старт (cold start); разреденост (sparsity) и мащабируемост (scalability) [B.53]. Демонстрирано е, че алгоритмите за анализ на мнение се изпълняват достатъчно бързо, така че големите данни да могат да бъдат обработвани ефективно. Чрез използване на крос валидация експериментално е потвърдено, че точността на класификацията е добра и че разработените хибридни системи дават по-точни препоръки от традиционните системи.

Комбинирането на резултатите от двата алгоритъма подобрява точността на крайните препоръки [B.53]. Предложената комбинация е нова и не е изследвана досега. По-точните препоръки са предпоставка за повишаване конкурентоспособността на предприятията. Използването на знанията, извлечени от големи данни [B.25, B.53] с помощта на разработената софтуерна платформа може да окаже значим положителен ефект върху работата на компании и предприятия по отношение на вземане на бързи и адекватни

решения, оптимизация на работата им, спестяване на ресурси, пари, време и др. и като цяло би довело до по-доброто им позициониране на националните или световни пазари.

По темата е защитен дисертационен труд от инж. Камал Ал Барнзжи (докторант от Иракски Кюрдистан по програмата Erasmus Marhaba) под ръководството на доц. д-р инж. Ат. Атанасов. Издадена е и книга „Big Data Recommender System“ с автори Ат. Атанасов и К. Ал Барнзжи.

5. Системи за управляване на изискванията при разработката на софтуерните проекти

(B.21, B.22, B.26, B.27, B.29, B.31, B.33, B.35, B.38, B.45, B.47)

Един от важните процеси от жизнения цикъл на софтуерни проекти е процесът по събиране и анализ на потребителските (клиентските) изисквания, известен още и като инженеринг на изискванията (Requirements Engineering). От него зависи първоначалната оценка на софтуерния проект и качеството на изготвените документи на потребителските изисквания, на документите с изискванията към софтуера, на тези на софтуерната архитектура на разработвания проект, на детайлните спецификации на софтуерните компоненти и интерфейси, на документацията за тестването и верификацията на крайния продукт и др.

Непълните и неточно дефинирани изисквания са едни от най-честите причини за провала на софтуерните проекти или са причина за огромни парични и времеви разходи по отстраняване на дефекти, дължащи се на тях.

Разходите за отстраняване на дефекти в крайния софтуерен продукт могат да достигат до 100 пъти повече от разходите за отстраняването им на етапа на анализ на изискванията. Известни са случаи, при които цели партии се изтеглят от пазарната мрежа с цел подмяна или обновяване на софтуера им. Последното струва милиони долари на производителите. Следователно, правилно дефинираните изисквания са най-важната и същевременно най-трудната част от реализацията на софтуерните проекти, а откриването и отстраняването на грешните и неправилно формулираните изисквания на етапа на инженеринга на изискванията е от огромно значение за успешната реализация на тези проекти.

На основата на натрупан опит при управлението на софтуерни проекти [B.45, B.47], както и на управление на изискванията при разработката, тестването [B.38] и поддръжката на софтуер за разпределени системи за работа в реално време в областта на пощенската автоматизация, на системите за автоматично разпознаване на автомобилни номера [B.35] и на вградените системи в автомобилната индустрия са предложени подобрения в процесите по анализа и

управление на потребителските и системните изисквания. За целта са разработени два алгоритъма за хоризонтална и вертикална проследимост на двата вида изисквания [B.31, B.33]. Алгоритмите включват извличане, моделиране, валидиране и верифициране на изискванията, базирани на задълбочен функционален анализ, обобщаване, класификация и проследимост на видовете изисквания. Процесите по обработката на изискванията в предложените алгоритми са съобразени с последните изисквания и стандарти (CMMI, ISO/IEC 14102:2008 и ISO/IEC TR 24766:2009).

С цел подобряване на процесите по анализ и управляване на изискванията са проучени и изследвани възможностите на визуално моделиране [B.26] и анализ на изискванията, предлагани от езика Requirements Modeling Language (RML). Предлаганите от езика модели добавят допълнителни бизнес перспективи при анализа на изискванията, които съществено могат да подобрят качеството и функционалността на разработвания софтуер и да оптимизират бюджета на софтуерните проекти. Категориите, с които борава RML, са цели, потребители, системи и данни. Към всяка категория принадлежат определен набор от модели, които спомагат за цялостен анализ на изискванията и за изграждане на адекватен на тези изисквания софтуер. RML моделите помагат за определяне на границите, ограниченията или областта на действие, в които е валидно разработваното софтуерно решение.

Направен е анализ на голям брой от предлаганите на пазара комерсиални и некомерсиални системи за управление на изискванията [B.27]. Системите са оценени по повече от 100 характеристики, групирани в шест категории. Целта на анализа е формулиране на специфични изисквания към собствена система за управление на изискванията, ориентирана към определен клас малки и средни по обем и времетраене (3 до 6 месеца) софтуерни проекти от фирми с персонал до 20-30 човека. Това е продиктувано от факта, че голяма част от тези системи предлагат твърде много функционалности и възможности, които не са пряко свързани с управлението на изискванията, а това предполага немалки инвестиции в такива системи и много време за изучаването на функционалностите им.

На базата на анализа е разработена собствена система [B.21, B.22, B.29] за управление на изискванията, включваща осем модула. Първият модул е за вход/изход. Група от четири модула е организирана в подсистема за управление на различните видове изисквания (потребителски, системни, софтуерни и компонентни) и организацията им в проекти. Шестият модул служи за трасируемост и за базови линии. Той отговаря за проследимостта на връзки между изискванията с цел откриване на неконсистентност между различните видове изисквания и откриване на пропуски дали дадено потребителско изискване не е реализирано в нито едно софтуерно такова, или дали дадено

софтуерно не е реализирано в даден софтуерен компонент, както и обратната трасируемост. Седмият модул е за управление на заявките за промяна на изискванията (Change Request) и за оценка на въздействието на промените. Чрез него се определя кои софтуерни и компонентни изисквания са засегнати от промяната на дадено потребителско изискване и какво е тяхното влияние (като време и труд) върху целия софтуерен проект. Последният осми модул е за работа с базата данни, в която се съхраняват всички данни на системата.

По темата е разработен дисертационен труд от ас. инж. В. Кузманова под ръководството на доц. Ат. Атанасов. Докторантката е отчислена с право на защита и трудът предстои да бъде защитен.

6. Разработка на гъвкави, процесноориентирани софтуерни архитектури и системи за реално време

(A.3, A.6, A.8, A.9, A.10, A.11, B.30, B.39, B.42, B.43, B.52)

Разработен е процесноориентиран подход за проектиране на паралелни алгоритми за управление на непрекъснати и дискретни системи. Подходът е базиран на теорията на комуникиращите последователни процеси (Communicating Sequential Processes /CSP/) и на CSP-декомпозицията [A.9]. Чрез него могат да се анализират сложни системи и да се диференцират CSP-процесите, които ги изграждат; да се прецизират състоянията и алгоритмите на тези процеси; да се определят комуникационните им канали, видът и количеството на обменяните чрез тези канали съобщения.

Този подход е приложен при разработката на множество софтуерни проекти в областта на пощенската автоматизация и системите за автоматично разпознаване на автомобилни номера [B.42, B.43]. Разработеният за тези системи софтуер е паралелно и приоритетно базиран. Той използва възможностите на операционните системи (ОС) за паралелно диспечеризиране на множество процеси и нишки с различни приоритети, разположени както на един, така и на множество микропроцесори и/или ядра. Оптималното разполагане на CSP-процесите върху процеси или нишки на ОС става на основата на: разработен алгоритъм [A.10] и правила, отчитащи времето за изпълнение на даден процес; времето му за комуникация с останалите процеси; времето на ОС за превключване от един процес към друг; такта на дискретизация на системата за управление; споделената памет между два или повече процеси и др.

Разработеното на основата на процесноориентирания подход обектноориентирано програмно осигуряване е внедрено в автоматизираните комплекси за сортировка на колетите [B.52] на швейцарските пощи (Die Post); в

системите за автоматично разпознаване на регистрационните номера на МПС [A.9] на Siemens PA с търговско наименование Sicare; в две уеб базирани системи [B.30, B.39] за диагностика, мониторинг и контрол на центровете за дистрибуция на писма на американските пощи (USPS).

В софтуера на автоматизираните комплекси за сортировка на колетите на швейцарските пощи допълнително е интегрирана размита логика [A.11] за гъвкаво управление на скоростта на транспортните ленти, които придвижват колетите (Coding Line Conveyor). Размитата логика е формирана на базата на натрупани статистически данни за времето за кодиране (OCR разпознаване на адреса) на колетите като функция на площта на колета, върху която се намира етикетът с адреса и баркода на получателя. На тази основа са дефинирани размити правила за увеличаване или намаляване на скоростта чрез пет различни скорости на транспортната лента. Правилата отчитат площта на колетите (малка, средна и голяма), вида на адреса (стандартен, нестандартен етикет), както и серии от еднотипни колетите, и въз основа на това увеличават или намаляват скоростта на транспортните ленти. Внедряването на размитата логика увеличава с до 5% броя на кодираните колетите на час.

Разработено е супервайзорно управление на пречиствателни станции [A.6] за отпадъчни води, основаващо се на метода на прецедентите (CBR)[A.8]. При него вместо решаване на онлайн задачи за оптимален контрол е приложен методът на прецедентите, който използва решени в миналото случаи (прецеденти). Всеки случай съдържа специфични задания на регулаторите, съответстващи на специфични ситуации в пречиствателната станция, причинени от различни вътрешни или външни фактори. Чрез прилагането на този подход зададените стойности на регулаторите се избират въз основа на сходство или близост между текущата ситуация (случай) и вече наличните решения в базата данни от решени прецеденти. Предложеното решение гарантира по-доброто пречистване на водата в пречиствателни станции. Супервайзорното управление е разработено на платформата myCBR.

В [A.3] е направен анализ на offline програмирането за роботизирани системи от клас индустриални работи. Разглеждани са предимствата и недостатъците в управлението на работи в offline режим и са анализирани възможностите на едни от най-разпространените системи за програмиране на работи Robot Operating System (ROS) и RoboDK. Анализът е направен по предварително зададени критерии, като се цели да се сравнят силните и слаби страни на двата различни софтуерни продукта и да се извлече информация необходима за бъдещото развитие на offline програмирането на работи. Функционалностите на двата продукта дават възможност за разработване на

универсален метод за програмиране на голям клас от роботи, който да съчетава възможностите на свободния софтуер на ROS с графичния интерфейс на комерсиалния софтуер RoboDK.