

РЕЦЕНЗИЯ

от проф.дтн. Красимира Петрова Стоилова

Институт по информационни и комуникационни технологии - БАН
на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор”
научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление”
научно направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика”

Автор: маг. инж. **Васил Методиев Иванов**

Тема: ГЕОГРАФСКИ РАЗПРЕДЕЛЕНИ СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ

Научен ръководител: доц. д-р Георги Еленков, ХТМУ
Катедра „Автоматизация на производството”
Факултет по химично и системно инженерство, ХТМУ

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата

Васил Иванов е роден през 1975 г. Инженер магистър е по Информационни и управляващи технологии от 2000 г. в ХТМУ. Зачислен е като задочен докторант по научната специалност 02.21.07 „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление (по отрасли)” в катедра „Автоматизация на производството” на 1 март 2010 г. и е отчислен с право на защита на 30 октомври 2014 г. Понастоящем е асистент в катедра „Автоматизация на производството”, където работи от 2000 г. Научните му интереси са свързани с проектиране, изграждане и поддръжка на компютърни мрежи, системи за наблюдение и управление на мрежови трафик, информационни системи, функциониращи в реално време, системи за електронни магазини, електронни списания и др.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Дисертационният труд има актуална тематика, свързана с изграждане на системи за мониторинг и управление на данни за опазване на околната среда в открити и закрити пространства. Една от основните задачи на дисертационния труд е *определянето на подходящ бърз и относително евтин за реализация метод за определяне в реално време на източника на моментната концентрация на фини прахови частици*. Това обуславя необходимостта от създаване на мобилна модулна автономна сензорна станция, предаваща данни в реално време и последващ корелационен анализ на данните от нея.

Дисертационният труд, изложен на 209 страници, се състои от увод, четири глави, заключение, списък на използваните източници, списък на публикации и приложения. Приложен е списък на използваните съкращения, списъци на таблиците (40 броя) и на фигурите (116). Използвани са 119 литературни източника, предимно на английски език. Съдържанието е представено в логическа последователност и напълно обслужва целта на интердисциплинарното изследване и начина на изложение на тезата. Целта е „да се проектира, изгради и анализира географски разпределена система от комуникационно свързани устройства с приложение на стандартни мрежови протоколи и модели, с възможност за присъединяване на модулни сензорни мониторингови станции за наблюдение на параметрите на околната среда”. В тази връзка са определени три основни задачи, всяка от които се състои от набор от подзадачи за изпълнение.

В **Глава 1** е направен тематично насочен към изпълнение на задачите обзор на физическата и функционална структура на компютърни мрежи и съвременни технологични стандарти в компютърните мрежи. Направен е анализ на хетерогенни разпределени компютърни мрежи и предаване на данни в пакети.

Анализирани са основни замърсители на въздуха, стандарти и нормативни актове, методи за измерване на фини прахови частици в атмосферния въздух, мониторинг. Мониторингът представлява наблюдение, регистриране, съхранение и използване на данни, които характеризират състоянието на определени обекти или системи. Натрупаните за определен период от време данни се използват не само за оценка на моментното състояние на наблюдаваните обекти и системи, но и за анализ на взаимните връзки между различни фактори и показатели, анализ на причинно-следствените връзки, тенденциите на изменение, както и за прогнозиране на бъдещи състояния. Системите за мониторинг на качеството на въздуха представляват съвкупност от: методи и апаратура за измерване на показателите за състоянието на атмосферния въздух; методи и апаратура за измерване на емисиите на замърсители; система от стандарти и критерии за качество на въздуха; методи и средства за обработка на данните и прогнозиране на бъдещото състояние на въздуха; стратегии и планове за управление на качеството на атмосферния въздух.

В **Глава 2** е разработена първата задача на дисертационния труд – проектирана е и е изградена географски разпределена компютърна мрежа за пренос на данни от общ характер. Необходимостта от разработката на системата се налага от липсата на комуникационно трасе и Интернет покритие (в началото на изследванията) в района на гр. Септември, област Пазарджик. Обоснована е нуждата от изграждане на комуникационна мрежа и е представена географската зона и населените места, включени в компютърната мрежа. Районът е с изразен планински характер с произтичащите от това затруднения при предаването на данни. Направена е подробна характеристика на условията за изграждане на мрежата - трасето за пренос на данни, състояние на радиочестотния ефир в комуникационните възли, вертикален профил на релефа за целите на проектиране на радиочестотните безжични комуникации.

Във всички населени места от разпределената мрежа са поставени управляеми интелигентни микроконтролерни модули за следене на времезакъсненията, статистическите параметри на мрежовата свързаност (средни закъснения, стандартно отклонение на закъсненията, брой загубени пакети и др.), както и на напрежението по захранващите линии за вътрешноградските и вътрешноселските локални мрежи. Предаваните данни от тези сензори дават възможност за визуализацията на състоянието на мрежата в реално време, както и за генерирането на алармени състояния или отработването на събития като отпадане на захранване, прекъснато комуникационно трасе, повреда от гръмотевична буря, повреда в крайно клиентско устройство и други чрез управление на локалните мрежови захранвания и друго активно мрежово оборудване.

Системата удовлетворява изискванията относно: избор/задание на координати на крайните комуникационни точки; избор на радиочестотна технология съгласно техническите и икономически изисквания; избор на необходимия хардуер за осъществяване на комуникационните връзки с избраната радиочестотна технология; оглед на крайните комуникационни точки; анализ на възможностите за осъществяване на комуникация с директна видимост между отделните точки; експериментална проверка на работоспособността на избраните технологии с помощта на специално разработен за целта лабораторен стенд; проектиране и изграждане на крайните антенни устройства;

проектиране на комуникационните възли за пренос на Интернет до гр. Септември (гр. София, РРТС – връх Братия, гр. Септември)

Ключови параметри и технологични схеми на хетерогенната географски разпределена комуникационна мрежа са тествани и проверени в лабораторни условия. За целта докторантът е създал стенд в катедрата за изследване, експериментиране, управление и оптимизация, чиито технически и програмни характеристики са подробно представени. Стендът е класиран на Първо място на научна сесия в ХТМУ и е отличен с грамота.

Тъй като при преноса на данни по мрежата съществени моменти са времезакъсненията, в тази глава е отделено място за видовете времезакъснения при преноса на данни, тяхното влияние в мрежите в аспект на системата за управление и съответно синтез на ПИ регулатор с робастни характеристики спрямо чистото закъснение.

В разпределената мрежа е включен модул за наблюдение на закъсненията и управление на храненето с използването на протокола SNMP (Simple Network Management Protocol) - стандартизиран протокол за събиране на информация, организиране на информацията и управление на свързани мрежови устройства.

Глава 3 е посветена на реализиране на втората задача на дисертацията - проектиране и изграждане на разпределена система за мониторинг в затворени помещения. Изграждането на автоматизирана система за събиране и мониторинг на данни в детска градина или училище има ключова роля за опазване здравето на децата и за повишаване на качеството на учебния процес. Представени са параметрите на околната среда, които трябва да се поддържат в сградите за образование и наука. Представени са методи и стандарти за оценка на качеството на затворени помещения и нормативните изисквания. Проектирана е разпределена система за мониторинг на параметрите на жилищна среда. Избрана е техническата платформа, проектирана е и е изградена измерваща станция на параметрите в затворени помещения. Определени са необходимите датчици за различните параметри. Осигурено е предаване на измерените величини по кабелна и безжична връзка. Проведено е изследване на приложимостта и работоспособността на разработената разпределена система в реален обект – детска градина в община Столична като в една от сградите са инсталирани 4 броя измерващи мобилни станции, предаващи през мобилна мрежа на всеки 15 секунди данни за температура, относителна влажност, концентрация на $\text{ФПЧ}_{2.5}$ и ФПЧ_{10} до централизиран сървър. Събрани са статистически извадки с обем 102960 стойности на всеки един от параметрите, за всяка от стаите за 39 дни. Разработен е web панел за наблюдение на измерваните параметри в реално време на базата на програмни езици PHP, JavaScript и Bootstrap. Той представя текущите стойности на измерените параметри и тяхната промяна за избран период (1 час, 1 денонощие, 1 седмица, 1 месец, 1 година).

В **Глава 4** е показано, че в България няма провеждани изследвания за замърсявания от ФПЧ. В същото време има много източници на тези замърсители - изоставени хвостохранилища и депа, формирани в резултат на силно развитата металургична и други промишлености на страната до неотдавна. Тук се добавят източници, образувани в резултат на открит добив (кариери, рудници), депа за строителни и битови отпадъци, замърсени почви. Има и замърсени пътни настилки, които влияят непосредствено на хората. Много добре е аргументирана необходимостта от коректно измерени метеорологични параметри за разработване на оценки на качеството на въздуха чрез моделиране и съответно от разработване и изграждане на мобилна модулна автономна станция. Описана е реализацията на третата задача на дисертацията – проектирана е и е изградена мобилна модулна станция с автономно соларно хранене за измерване на

метеорологични параметри и замърсители на въздуха. Системата дава и възможност за извеждане на специфични вариационни коефициенти, както и емисионни фактори за всеки площен източник на емисии, представляващ научен и практически интерес, понеже такива изследвания в България не са правени (използват се емисионни фактори, изведени за източници на ветрова ерозия, разположени в САЩ, Канада и Австралия). Тъй като в България условията са различни, съществуващите оценки на емитираните замърсители са неточни.

Проектирана е сензорна мобилна станция с висока честота на измерванията (на 15 секунди или по-често), което позволява данните да бъдат обработени така, че да се определи точно типа на източника на замърсяване на въздуха. За целта са комбинирани измерванията от няколко вида сензори – температура, относителна влажност, атмосферно налягане, слънцегреене, ФПЧ_{2.5}, ФПЧ₁₀, CO₂, TVOC (летливи органични вещества) и др., чиито данни след обработка могат да служат за регистриране на събития и идентифициране на основния причинител на висока концентрация на замърсител в даден момент. Това е от съществено значение при вземането на управленски административни решения и прилагането на съответни мерки.

Данните от мобилните метеорологични станции постъпват офлайн в определен формат или директно онлайн чрез заявки към приемащия сървър. Поради нееднородността на времевите интервали, през които данните биха могли да бъдат измерени или постъпили онлайн, се извършва предварителна обработка в три стъпки и генериране на нови два типа файлове в четвъртата стъпка. Описани са файловете, които се генерират от измерените метеорологични данни, които се въвеждат в базата данни. С използване на PHP и SQL заявки се групират измерените стойности по дати и последователни часове за всяка дата за всеки тип данни. Представена е архитектурата на мобилната станция, изградена на модулен принцип, нейните компоненти, управляващия микропроцесорен модул, програмните кодове и алгоритмите на основните модули на системата. Описани са проведените експерименти и резултатите от тях.

За сравнение на пригодността, влиянието на микроклимата и вида на замърсяващите дейности е направен сравнителен анализ на данните от експерименталната мобилна модулна станция, разположена в Бистрица (на сензорите за температура, влажност на въздуха и ФПЧ) с тези на публичната мрежа AirSofia (или AirTube), разположени в Бистрица и Павлово, както и с данни от пункт за мониторинг на въздуха на Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС) – „АИС Копитото“. Данните от мобилната станция се събират на 15 сек, докато съществуващите са на 2 ½ минути.

Направен е статистически анализ и изводи на получените резултати.

3. Оценка на съответствието между автореферата и дисертационния труд

Авторефератът в обем от 64 стр. отговаря на изискванията и обобщава съдържанието и резултатите на дисертационния труд.

4. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

В дисертацията се съдържат научно-приложни и приложни приноси.

- Проектирана е и е изградена безжична комуникационна мрежа с осигурен безжичен канал през радио релейна телекомуникационна станция (RPTS) на връх Братия до гр. Септември с обща дължина 107 км, осигуряваща надеждни и качествени услуги,

- удовлетворяваща изискванията на потребителя с много по-ниска себестойност от предлаганите на пазара решения.
- Проектиран е и е разработен лабораторен стенд за изследване на мрежови конфигурации и протоколи. Стендът позволява статистическа оценка на качеството на предоставяните услуги. Стендът се използва и в учебния процес на ХТМУ.
 - Проблемът с чистите закъснения в Internet в географски разпределени хетерогенни мрежи е решен с прилагане на теорията на робастното управление. Изследвана е възможността за синтез на робастни регулатори за управление в хетерогенни широкообхватни компютърни мрежи с променливи времезакъснения в Интернет среда. Приложен е подход за управление на система за автоматично регулиране (CAP) с вътрешен (еталонен) модел на обект на управление с отрицателна обратна връзка. Системата функционира с обратна връзка по отклонение на регулируемата величина като обединява предимствата на отворените и затворените CAP, изразяващи се във високо бързодействие на системата и пълно компенсиране на смущенията. Определени са параметрите на модела и е установена еднозначна зависимост между параметрите на модела и показателите за статична и динамична точност на CAP. Направен е извода, че функцията на неопределеност $W3(p)$ е ефективно средство за дефиниране на границата на робастна устойчивост за разпределени системи за управление.
 - Разработена е разпределена система (базирана на протокола SNMPv1) за дистанционно наблюдение в реално време на параметри на околната среда и параметри на работата на компютърната мрежа (времезакъснения и температурни режими на локалните захранвания на комуникационните трасета), както и за дистанционно управление на захранването на мрежата.
 - Проучени са и са анализирани факторите на жизнена среда в обитаеми затворени помещения и е предложен иновативен подход за комплексно и едновременно наблюдение на набор от параметри в реално време.
 - Проектирана е и е изградена модулна станция за мониторинг на показателите на жизнената среда в затворени обитаеми помещения с възможност за архивиране в нея на събраните данни. Осигурена е мрежова свързаност през три различни физически преносни среди – мобилна, кабелна или безжична.
 - Проектирана е и е създадена Интернет-базирана информационна система с използване на софтуер с отворен код за централизирано събиране, анализ и визуализация на данните от разпределената система от модулни станции. Системата е с ниска себестойност, което я прави достъпна и лесно приложима за обществени сгради.
 - Проучени са възможните приложения на модулна мобилна станция с автономно захранване за мониторинг на параметрите на околната среда на открито и изграждането на географски разпределени мрежи от такива станции. Поради автономното си захранване всяка модулна станция може да служи за измервателна система на директни емисии. В България липсват изследвания и няма изведени емисионни фактори и вариационни коефициенти за емисиите от генерирани пориви на вятъра. Проектирана, разработена и програмно е осигурена мобилна модулна станция с автономно соларно захранване за мониторинг на параметри на околната среда. Разработената комуникационна мрежа може да направи тези измервания, което представлява принос от национално значение.
 - В резултат на проучването на изискванията на съвременните компютърни системи за моделиране на разпространението на замърсителите в околната среда е установено, че

компютърните пакети за моделиране изискват метеорологични данни под формата на стандартизирани електронни формати, най-често за период от една година. Те използват и т. нар. променливи емисии, за които са необходими коректно изведени вариационни коефициенти, които успешно може да се предоставят от системата от модулни мобилни станции с автономно хранване.

- Проведени са експерименти със системата от модулни мобилни станции с автономно хранване. Направен е статистически анализ на данните от експериментите с изводи:
 - концентрацията на замърсителите не е с нормално разпределение и не е подходящо прилагането на съществуващата технология - филтри, базирани на метода на трите сигми за отстраняване на груби грешки;
 - установена е силна положителна корелация между относителната влажност на въздуха и измерените масови концентрации на ФПЧ_{2.5} и ФПЧ₁₀ при използване на оптичен метод на измерване, от което следва ненадеждност на показанията на съществуващите публични разпределени мрежи за мониторинг на атмосферния въздух (Luftdaten.info/AirSofia) при висока влажност на въздуха;
 - приложението на подходящи статистически методи за моделиране на концентрацията на ФПЧ на базата на регресионни модели, Бокс-Дженкинс времеви редове, ARIMA модели и невронни мрежи дава възможност за достатъчно достоверни краткосрочни прогнози или прогнозно попълване на липсващи данни от мониторинга.

Оценявам положително работата на докторанта, която не е останала само на ниво описание и анализ, а има реално приложение. Създадените три типа разпределени хетерогенни системи благодарение на модулния принцип на проектиране притежават гъвкавост, позволяват допълвания на функционалности и осигуряват измервания с голяма честота, с което значително превъзхождат съществуващите системи по редица показатели, споменати по-горе. Соларното хранване на третата система е предпоставка за реализиране на измервания в трудно достъпни места. Възможността за установяване на кратки емисии е особено важна за опазване на околната среда за специфични обекти. Благодарение на умелото проектиране на системите, подходящото техническо оборудване и програмно осигуряване с отворен код значително е намалена себестойността на продуктите, което ги определя като пазарно перспективни. Получените резултати от докторанта са значими на национално ниво.

5. Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертационния труд

Докторантът е представил 6 публикации с резултати по дисертацията. От тях две са в списания, а останалите 4 са в конференции. Едната публикация е в списание с SJR. Тази информация, както и запознаването ми с трудовете ми дават основание да твърдя, че приносите са лично дело на докторанта. Те съответстват напълно на изискванията на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ за образователната и научна степен „доктор”.

6. Критични бележки и коментари

Дисертацията показва многопрофилната компетентност на докторанта, има стегнат стил на изложение и богат илюстративен материал, предоставящ на четящия визуален комфорт. Работата е многоаспектна, всеобхватна и включва всички етапи от създаването на разпределена хетерогенна комуникационна система – проектиране и изграждане, избор

на архитектура и компоненти на мрежата, комуникационни протоколи, голяма палитра от използвани стандарти, нормативи и наредби, робастно управление, мониторинг и анализ на данните. Тези интердисциплинарни изследвания надхвърлят изискванията за дисертационен труд и представляват завършено изследване, достойно за поздравление.

7. Заключение

Всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав, Правилника за неговото прилагане и Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ХТМУ са напълно изпълнени. Дисертацията на маг. инж. Васил Методиев Иванов има всички качества, изисквани от един дисертационен труд, който оценявам **положително**. Дисертационният труд съдържа научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката. Кандидатът притежава задълбочени теоретични знания по специалността и способност за самостоятелни изследвания. **Убедено препоръчвам** на Уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор” на маг. инж. **Васил Методиев Иванов** по научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление”, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика”.

8 април 2020 г.

Член на научно жури:

/проф.дтн. К. Стоилова/