

по конкурса за заемане на академичната длъжност „професор” в професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика” (Автоматизация на производството), обявен от ХТМУ в ДВ бр.66 от 15.08.2017 г. с единствен кандидат доц. д-р инж. Александра Иванова Грънчарова

Рецензент: проф. д-тн инж. Камен Димов Велев

1. Кратки биографични данни

Доц. д-р инж. Александра Грънчарова е родена на 03.05.1966 г. в гр. София. През 1989 г. завършва висше образование по специалността „Автоматизация на производството” във Висшия химикотехнологически институт – София. През периода 1990 – 1994 г. е докторант към катедра „Автоматизация на производството” във ВХТИ – София. През 1998 г. защитава дисертация на тема „Оптимално динамично управление на технологични обекти и системи в отсъствие и при наличие на неопределеност” за получаване на ОНС „доктор”. През 1994 г. постъпва като специалист в Института по управление и системни изследвания – БАН. През 2004 г. е избрана за ст.н.с. II ст. в същия институт, а след реструктурирането на БАН и влизането в сила на ЗРАС е доцент към Института по системно инженерство и роботика – БАН. През 2015 г. е избрана за доцент към катедра „Автоматизация на производството” при ХТМУ.

2. Класификация на научните трудове на кандидатката

В настоящия конкурс кандидатката участва със следната научна продукция извън трудовете, използвани в дисертационния труд и при предишни хабилитации:

- 1 монография, издадена от Springer Verlag;
- 14 глави от книги в международни издания;
- 6 статии в чуждестранни списания (5 с IF);
- 3 статии в български списания (2 с IF);
- 16 доклада на конгреси, конференции и симпозиуми в чужбина;
- 13 доклада на международни и национални конференции в България;
- 1 редактирана научна книга, издадена от Springer Verlag.

Общият брой на представените научни трудове е 54. Дванадесет от научните трудове кандидатката е обособила (в група В) като равностойни на монографичен труд, които могат да се обобщят в направлението „Методи за явно моделно предсказващо управление на детерминирани нелинейни динамични системи”. От така представените научни трудове няма да бъде рецензирана монографията (труд Д1), тъй като в списъка с публикации са включени отделните глави от нея, чийто автор е кандидатката, както и редактираната научна книга (труд Е1). И така, за рецензиране остават 52 научни труда.

От приетите за рецензиране публикации 4 са самостоятелни и в 32 кандидатката е на първо място (макар че не е ясен принципът на подреждане на авторите).

Четиридесет и осем от трудовете са написани на английски език и четири са на български език. Седем от публикациите са в списания с импакт-фактор (сумарният IF на списанията е 9,992). Забелязани са 231 цитирания (225 от чужди автори) на 18 труда на кандидатката (труд Д1 е цитиран 66 пъти, труд В7 – 29 пъти, труд С10 – 27 пъти, труд С12 – 21 пъти, труд С14 – 17 пъти, труд В6 – 14 пъти и труд В9 – 13 пъти).

3. Оценка на научноизследователската дейност на кандидатката

Научноизследователската дейност на д-р Грънчарова е насочена в няколко основни направления, като основната част на нейните изследвания е свързана със синтеза на системи от класа на моделното предсказващо управление. По-голямата и съществена в научно отношение част от публикациите е свързана с четири основни кръга решавани задачи:

1) Методи и алгоритми за моделно предсказващо управление, основано на квадратичен функционал с краен хоризонт на предсказване при наличие на ограничения върху променливите на системата

1а) Методи за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за нелинейни детерминирани системи с ограничения [B1] - [B12]

Предполага се, че динамиката на системата е описана в пространството на състоянието [B2, B8] или с модел от вида „черна кутия“ [B5, B6]. Показано е как задачата за предсказващо управление на нелинейна дискретна система може да се трансформира в задача на мулти-параметричното нелинейно програмиране (mp-NLP). На тази основа в [B1] са разработени алгоритми за определяне на явно приблизително решение на mp-NLP задачите, дефинирано върху ортогонално разделяне на пространството на параметрите. Предложени са алгоритми за явно решаване както на изпълними, така и на неизпълними mp-NLP задачи. Разработен е също метод за явно моделно предсказващо управление на нелинейни системи с дискретни по стойност управляващи въздействия (въздействия, които могат да приемат краен брой стойности) [B3, B4]. Разработените методи са приложени за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за управление на: компресор [B2, B8], положението на изпълнителен механизъм на електропневматичен съединител, при който се използва една двойка от ON/OFF клапани [B2, B7, B9], система за поддържане на рН [B5, B6], реактор с идеално смесване [B4]. Предложен е паралелен изчислителен алгоритъм, който увеличава значително off-line изчислителната ефективност на методите за явно решаване на задачите на мулти-параметричното нелинейно програмиране [B10]. Разработен е софтуерен пакет от програми за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за нелинейни системи с ограничения [B11, B12]. Той представлява програмна реализация на методите за приблизително решаване на задачите на мулти-параметричното нелинейно програмиране.

1б) Методи за синтез на явни предсказващи регулатори за нелинейни системи с ограничения при наличие на неопределеност [C2, C3, C10, C20, C22, C24, C32, C38].

В [C3, C10] е разгледан случаят на полихедрално описание на неопределеността и е формулирана задачата за минимаксно предсказващо управление. Показано е как тази задача може да се трансформира в задача на мулти-параметричното нелинейно програмиране и е предложен подход за определяне на нейното явно приблизително решение, което да гарантира устойчивостта на затворената система. В [C2, C20, C24] е предложен подход за синтез на явни предсказващи регулатори за нелинейни стохастични системи. Методите, разработени в [C2, C3, C10, C20, C24] се основават на ортогонално разделяне на пространството на параметрите. В [C22] са предложени подходи за намаляване на сложността на явните предсказващи регулатори, синтезирани с помощта на методите в [C2, C3, C10, C20, C24]. В [C32] е разработен подход за синтез на явни моделно предсказващи регулатори, при който явното приблизително решение е дефинирано върху симплексно разделяне на пространството на параметрите. Разработените в [C2, C3, C10, C20, C22, C24, C32] методи са реализирани като пакет от програми в симулационната среда MATLAB и са приложени за синтез на: явен стохастичен предсказващ регулатор за управление на парен генератор [C2], явен минимаксен предсказващ регулатор за химически реактор с идеално смесване [C3] и явни предсказващи регулатори с намалена сложност за управление на компресор и на

изпълнителния механизъм на електропневматичен съединител [C22]. В [C38] е синтезиран явен моделно предсказващ регулатор за поддържане на температурата на водата в лабораторен резервоар на базата на линеен модел на неговата динамика.

1c) Методи за разпределено моделно предсказващо управление на системи, състоящи се от взаимосвързани подсистеми, на които са наложени ограничения както на управляващите въздействия, така и на променливите на състоянието [C4, C5, C7, C14, C16, C25, C26, C27, C30, C31, C35, C36, C39].

Методите в [C7, C14, C16, C27, C30, C31, C35, C39] се отнасят за *линейни* взаимосвързани системи както в отсъствие на неопределеност в техния динамичен модел [C14, C27, C30, C39], така и при наличие на политопна неопределеност [C7, C16, C31, C35]. От своя страна, по-голямата част от тези подходи ([C7, C16, C27, C31, C35, C39]) прилагат метода на динамичната дуална декомпозиция за трансформиране на централизираната задача за *линейно* моделно предсказващо управление в разпределена задача на квадратичното програмиране. При метода, описан в [C39], в задачата за предсказващо управление се включва ограничение по състоянието на системата, представляващо свиващо се множество, което намалява значително изчислителната сложност на разпределеното предсказващо управление и едновременно с това гарантира устойчивостта на затворената система. Методите в [C4, C5, C25, C26, C36] решават задачата за разпределено моделно предсказващо управление на *нелинейни* взаимосвързани системи. Разгледани са различни случаи на свързаност на динамиките на *нелинейните* системи. Тези методи включват последователно линеаризиране на динамиката на цялата система около нейното текущо състояние, представяне на резултантната задача за линейно моделно предсказващо управление като задача на квадратичното програмиране, на която по разпределен начин се намира субоптимално решение чрез прилагане на метода на динамичната дуална декомпозиция и ускорения дуален градиентен метод. Предложените методи за разпределено предсказващо управление са реализирани програмно в симулационната среда MATLAB и са приложени за разпределено управление на група от безпилотни летателни апарати и лабораторна система, състояща се от четири резервоара.

2) Моделиране и управление чрез Гаусови процеси

2a) Методи за управление на технологични обекти чрез моделиране на тяхната динамика с помощта на Гаусови процеси [C6, C15, C21].

В [C6] е описана подробно концепцията за моделиране на динамиката на стохастични системи с използване на Гаусови процеси. Специално внимание е отделено на предложените подходи за стохастично моделно предсказващо управление и за адаптивно управление на базата на Гаусови регресионни модели. Те са приложени за стохастично предсказващо управление на: лабораторен сепаратор за разделяне на газ от течност [C6], парен генератор [C21] и биореактор за анаеробно третиране на отпадни води [C15].

2b) Гаусови модели за предсказване на концентрацията на озон във въздуха и оценка на някои от причинените от озон увреждания [C11, C12, C13, C23, C28, C29, C33].

В [C12, C23] са получени Гаусови модели за предсказване на концентрацията на озон във въздуха. За тази цел се използват данни за часовите измервания на концентрациите на някои основни атмосферни замърсители и метеорологичните параметри. В [C13, C33] е предложена структура на Workflow научен процес за обработване на голям обем от данни за параметрите на околната среда (концентрациите на атмосферните замърсители) и за получаването на стохастични модели за предсказване на техните стойности. В структурата се използват семантични езици, модели и методи за достъп, съхраняване и използване на данни за околната среда като се използват преимуществено уеб интерфейси и услуги. В [C11, C28, C29] са

разработени методи за оценка на уврежданията на листата на някои широколистни горскодървесни видове, причинени от озон.

3) Методи за интелигентно управление

3а) Системи за подпомагане на процеса на вземане на решение [C18, C19].

В [C18] е предложена структура на система за подпомагане на процеса на вземане на решение при избор на най-добра алтернатива на система за автоматично управление (САУ). Разработена е компютърна програма на система за вземане на решение при синтез на САУ, която е реализирана на Visual C++. В [C19] е разработена стратегия за вземане на решение при едновременен синтез на технологичен процес и на системата му за автоматично управление. Предложените в [C18, C19] подходи се основават на сравнение между различни алтернативни решения чрез използване на размити отношения на предпочитание.

3б) Управление и оптимизация на сложни обекти [C9, C37, C40].

В [C9, C37] е предложена структура на интелигентна система за управление и оптимизация на обекти с деградиращо във времето техническо състояние. Тя включва използването на модел на „бързата“ динамика на обекта (описващ преходните процеси) и модел на „бавната“ динамика на обекта (изменение на неговото техническо състояние вследствие на износване), от една страна, и подхода за прилагане на разсъждения, основани на прецеденти, от друга страна. В частност е разгледана задачата за оптимизация на действието на Peirce-Smith конвертор. В [C40] е разработен метод за апроксимация в реално време на оптималните условия на процеса на термична обработка на дървесни материали чрез използване на невронни мрежи.

3с) Разпределение на задачите в мулти-агентни системи [C8, C34].

В [C8, C34] е предложен подход за разпределение на задачите в една мулти-агентна система, съставена от хомогенни динамични агенти. Позицията, която трябва да има всеки агент в системата е определена предварително чрез зададените разстояния между агентите. За оптималното управление на мулти-агентната система е приложен подходът на моделното предсказващо управление, като са разработени процедури за откриване на неспособността на даден агент да изпълни поставената задача, неговото последващо изолиране от системата и преразпределение на задачите между нормално функциониращите агенти.

4) Параметрична идентификация на работи [C1, C17]

Създаден е линеен метод за параметрична идентификация на работи от вида $D \perp D \parallel D$ [C1] и $D \parallel D$ [C17]. Той позволява чрез избор на подходящи движения на роботите и групиране на техните физически параметри в динамични, първоначалният нелинеен модел да се преобразува в линеен. Това дава възможност да се приложат стандартните методи за параметрична идентификация на линейни системи. Важно предимство на този метод е, че той дава възможност да се оценят по-голям брой от физическите параметри на робота в сравнение с методите, известни в литературата. Разработен е пакет от програми в симулационната среда MATLAB за оценяване на параметрите на работи.

Не мога да не отбележа и активното участие на кандидатката в 18 проекта, от които на 2 е ръководител. Четири проекта са финансирани от Европейската комисия (1 по ТЕМПУС, 1 по ИНКО-КОПЕРНИКУС и 2 по 5-та рамкова програма), 5 проекта са финансирани от ФНИ-МОН (2 по двустранно научно сътрудничество със Словения и Франция, на които е ръководител), 6 проекта са финансирани от научни фондове на: Норвегия – 3, Швеция, Словения и Германия и 3 проекта са финансирани от БАН по линията на еквивалентния безвалутен обмен с други академии на науките.

Д-р Грънчарова е канена като гост-изследовател в Университета във Вупертал, Норвежкия университет за наука и технологии, Института Йозеф Стефан – Любляна, Университета в Лунд, Висшето училище по електротехника – Париж.

Бих охарактеризирал изследователската дейност на кандидатката като преимуществено научна и научноприложна. Цитиранията на голяма част от трудовете ѝ и поканите от редица чужди висши училища показват, че към работите ѝ има значителен интерес от международната научна общност. Научноизследователската ѝ дейност заслужава най-висока оценка.

4. Оценка на педагогическата дейност на кандидатката

Д-р Александра Грънчарова е работила през учебните 2010/2011 г. и 2011/2012 г. като хоноруван доцент, от 17.09.2012 г. до 16.02.2015 г. като доцент по съвметителство и от тогава до сега като доцент на основен трудов договор към кат. „Автоматизация на производството“ при ХТМУ. Според представената справка за учебната дейност на кандидатката за периода 2012-2017 година тя е чела лекции по 3 дисциплини за бакалаври: „Проектиране и анализ на системи за управление (редовно обучение)“, „Моделиране на технологични процеси (редовно и задочно обучение)“, „Автоматизация на производството (редовно и задочно обучение)“ и по 3 дисциплини за магистри: „Оптимални, робастни и адаптивни системи“, „Управление на базата на модели“ и „Измервателна техника и управление“. Общият брой часове лекции за последната година е 221 часа. Води и упражнения по 4 дисциплини. През 2009 г. е била поканена като гост-преподавател в Университета в Лунд – Швеция, където е изнесла 6 часа лекции и 4 часа упражнения пред докторанти. През 2014 г. е била за 1 седмица гост-преподавател в Университета в Нова Горица – Словения по линия на програмата Еразъм.

Кандидатката е ръководила 10 дипломанти от бакалавърската степен и 1 успешно защитил докторант. Издава учебници по дисциплините „Управление на базата на модели“ и „Проектиране и анализ на системи за управление“ и учебни записки по дисциплината „Оптимални, робастни и адаптивни системи“.

Представената документация и качеството на представените учебни пособия ми дават основание да дам много висока оценка на учебната дейност на кандидатката.

5. Основни приноси в изследователската дейност на кандидатката

Ще обобща приносите на кандидатката в няколко основни групи.

А. Приноси в монографичния труд

1. Създадени са методи за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за нелинейни детерминирани системи с ограничения, чиято динамика е описана в пространството на състоянието [B2, B8] или с модел от вида „черна кутия“ [B5, B6]. Показано е как задачата за предсказващо управление може да се трансформира в задача на мулти-параметричното нелинейно програмиране (mp-NLP). На тази основа в [B1] са разработени алгоритми за определяне на явно приблизително решение както на изпъкнали, така и на неизпъкнали mp-NLP задачи. Разработените методи са приложени за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за управление на: компресор [B2, B8], положението на изпълнителен механизъм на електропневматичен съединител, при който се използва една двойка от ON/OFF клапани [B2, B7, B9], система за поддържане на pH [B5, B6].

2. Разработен е метод за явно приблизително решаване на задачата на моделното предсказващо управление за нелинейни детерминирани системи с дискретни по стойност управляващи въздействия (въздействия, които могат да приемат краен брой стойности) [B3, B4]. Първоначалната задача е представена като задача на мулти-параметричното нелинейно целочислено програмиране (mp-NIP) и е предложен подход

за нейното приблизително решаване. Той е приложен за синтез на явен предсказващ регулатор с дискретно по стойност управляващо въздействие за управление на положението на изпълнителния механизъм на електропневматичен съединител чрез използване на ON/OFF клапани [B3, B4, B7] и за оптимално регулиране на температурата и концентрацията в реактор с идеално смесване [B3, B4].

3. Предложен е паралелен изчислителен алгоритъм, който увеличава значително off-line изчислителната ефективност на методите за явно решаване на задачите на мулти-параметричното нелинейно програмиране [B10]. Разработен е софтуерен пакет от програми за синтез на явни моделно предсказващи регулатори за нелинейни системи с ограничения, който се основава на ортогонално разделяне на пространството на параметрите [B11, B12]. Той представлява програмна реализация на методите за приблизително решаване на задачите на мулти-параметричното нелинейно програмиране.

Б. Приноси в останалите трудове

1. Разработени са нови методи за разпределено моделно предсказващо управление на системи, състоящи се от взаимосвързани подсистеми, на които са наложени ограничения както на управляващите въздействия, така и на променливите на състоянието [C4, C5, C7, C14, C16, C25, C26, C27, C30, C31, C35, C36, C39]. Методите в [C7, C14, C16, C27, C30, C31, C35, C39] се отнасят за *линейни* взаимосвързани системи както в отсъствие на неопределеност в техния динамичен модел [C14, C27, C30, C39], така и при наличие на политопна неопределеност [C7, C16, C31, C35]. От своя страна, по-голямата част от тези подходи ([C7, C16, C27, C31, C35, C39]) прилагат метода на динамичната дуална декомпозиция за трансформиране на централизираната задача за *линейно* моделно предсказващо управление в разпределена задача на квадратичното програмиране. Методите в [C4, C5, C25, C26, C36] решават задачата за разпределено моделно предсказващо управление на *нелинейни* взаимосвързани системи. Разгледани са различни случаи на свързаност на динамиките на *нелинейните* системи. Предложените методи за разпределено предсказващо управление са реализирани програмно в симулационната среда MATLAB и са приложени за разпределено управление на лабораторна система, състояща се от четири резервоара и на група от безпилотни летателни апарати.

2. Създадени са методи за моделно предсказващо управление на нелинейни системи с неопределеност [C2, C3, C6, C10, C15, C20, C21, C22, C24, C32, C38]. В [C2, C3, C10, C20, C22, C24, C32, C38] са предложени подходи за синтез на явни предсказващи регулатори за нелинейни системи с неопределеност при наличие на ограничения, наложени на управляващите въздействия и на променливите на състоянието. В [C3, C10] е разгледан случаят на *поликедрално* описание на неопределеността и е формулирана задачата за минимаксно предсказващо управление. В [C2, C24] е предложен подход за синтез на явни стохастични предсказващи регулатори за нелинейни системи със *стохастично* описание на неопределеността. В [C2, C20] е формулирана задачата за предсказващо управление на нелинейни стохастични системи, чиято динамика се описва с помощта на Гаусови процеси и е предложен метод за намиране на нейното явно субоптимално решение. В [C6] е описана подробно концепцията за моделиране на динамиката на стохастични системи с използване на Гаусови процеси. Разработените в [C2, C3, C6, C10, C15, C20, C21, C22, C24, C32, C38] методи са реализирани като пакет от програми в симулационната среда MATLAB и са приложени за синтез на: явен стохастичен предсказващ регулатор за управление на парен генератор [C2], явен минимаксен предсказващ регулатор за химически реактор с идеално смесване [C3], явни предсказващи регулатори с намалена сложност за управление на компресор и на изпълнителния механизъм на електропневматичен съединител [C22], стохастично предсказващо управление на

лабораторен сепаратор за разделяне на газ от течност [C6], парен генератор [C21] и биореактор за анаеробно третиране на отпадни води [C15].

3. В [C8, C9, C18, C19, C34, C37, C40] са разработени подходи за интелигентно управление и оптимизация на сложни системи. В [C18] е предложена структура на система за подпомагане на процеса на вземане на решение при избор на най-добра алтернатива на система за автоматично управление (САУ). Разработена е компютърна програма на система за вземане на решение при синтез на САУ, която е реализирана на Visual C++. В [C19] е разработена стратегия за вземане на решение при едновременен синтез на технологичен процес и на системата му за автоматично управление. В [C9, C37] е предложена структура на интелигентна система за управление и оптимизация на обекти с деградиращо във времето техническо състояние. Тя включва използването на модел на „бързата“ динамика на обекта (описващ преходните процеси) и модел на „бавната“ динамика на обекта (изменение на неговото техническо състояние вследствие на износване), от една страна, и подхода за прилагане на разсъждения, основани на прецеденти, от друга страна. В частност е разгледана задачата за оптимизация на действието на Peirce-Smith конвертор. В [C40] е разработен метод за апроксимация в реално време на оптималните условия на процеса на термична обработка на дървесни материали чрез използване на невронни мрежи. В [C8, C34] е предложен подход за разпределение на задачите в една мулти-агентна система, съставена от хомогенни динамични агенти. За оптималното управление на мулти-агентната система е приложен подходът на моделното предсказващо управление, като са разработени процедури за откриване на неспособността на даден агент да изпълни поставената задача, неговото последващо изолиране от системата и преразпределение на задачите между нормално функциониращите агенти.

6. Други страни от дейността на кандидатката

Доц. д-р Грънчарова е член на редакционната колегия на списание „Автоматика и информатика“, издавано от САИ „Джон Атанасов“, и на списание „Science, Engineering & Education“, издавано от XTMU. Участвала е в програмните комитети на следните научни конференции: SIMULTECH 2011, 2012, 2015, 2016, 2017; IFAC Conference on Nonlinear Model Predictive Control 2012, 2015; Автоматика и Информатика 2007, 2008, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017. Канена е за рецензент на статии в 9 международни списания. Била е член на международно научно жури за присъждане на ОНС „доктор“ към катедрата по техническа кибернетика на Норвежкия институт по наука и технологии – Трондхайм (2010), на международно научно жури за присъждане на ОНС „доктор“ към CentraleSupélec (Университет Париж-Сакле) (2017) и на научно жури за присъждане на ОНС „доктор“ към ИСИР – БАН (2013). Получила е следните награди: награда на БАН за млади учени „Марин Дринов“ (2000), награда за най-добра публикация и приложна разработка на Научния съвет на ИУСИ-БАН (1999), награда за най-добър доклад на международната конференция „Автоматика и информатика“, София (2008). Била е водеща на научни сесии на 4 международни и 2 национални научни конференции. Член е на Съюза на учените в България и на Съюза по автоматика и информатика „Джон Атанасов“, а също на 2 технически комитета на Международната федерация по автоматично управление. Представява България в Асоциацията по управление към Европейския съюз.

7. Критични бележки, коментари и препоръки

Нямам критични бележки по съдържанието на трудовете на д-р Грънчарова. Бих направил следните коментари и препоръки:

1. Не е необходимо да представя като отделни трудове монографията и глави от нея.

2. Да засили работата с дипломанти-магистри и с докторанти, за което има съответния научен потенциал.

8. Лични впечатления от кандидатката

Познавам кандидатката от студентските ѝ години. Като студентка, а по-късно и докторантка към катедра „Автоматизация на производството“, се е отличавала с изключително сериозно отношение към учебната и научната работа. Дисертационният ѝ труд, на който бях рецензент, беше изпълнен на високо ниво и беше защитен убедително пред СНС по автоматика и системи за управление при ВАК. Бях водещ на сесията на международната конференция „Автоматика и информатика'08, на която тя изнесе доклада, препоръчан и получил наградата за най-добър доклад на конференцията. Рецензирах трудовете ѝ в конкурса за академичната длъжност „доцент“, на който тя се представи също толкова убедително.

9. Заключение

Като имам предвид цялостната дейност на доц. д-р Александра Грънчарова, както и количеството и качеството на научната ѝ продукция, смятам, че **тя покрива изцяло изискванията за заемане на академичната длъжност „професор“ на ХТМУ** в професионалното направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“.

28.11.2017 г.

Рецензент:

(проф. д-р инж. К. Велев)