



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

**ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО ИНЖЕНЕРСТВО
КАТЕДРА „АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ПРОИЗВОДСТВОТО“**

инж. Венелина Георгиева Боишина

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

ХИБРИДНИ АГЕНТНО-БАЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖНИ ТЕХНОЛОГИЧНИ ОБЕКТИ

за придобиване на образователната и научна степен „доктор“
по научна специалност
„Автоматизация на производството“

Научен ръководител: чл. кор. Минчо Хаджийски

Научно жури:

1. проф. д-р Идилия Бачкова - ХТМУ
2. чл. кор. проф. д-тн Минчо Хаджийски - ХТМУ
3. проф. д-кн Владимир Йоцов – Уни БИТ
4. проф. д-р Михаил Петров – ТУ, Пловдив
5. доц. д-р Любка Дуковска – ИИКТ, БАН

София, 2012

Дисертационният труд е написан на 270 страници и съдържа 187 фигури и 9 таблици. Цитирани са 157 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет на защита на заседание на катедрен научен съвет на научното звено на катедра „Автоматизация на производството”, състояло се на 15.06.2012

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 24.09.2012 от 14.00 часа в зала 424, сграда „А” на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересуващите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности”, стая 406, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

ВЪВЕДЕНИЕ

Представената на вниманието на уважаемото жури дисертация представлява опит да се използват някои от резултатите на изключително бързото развитие в последното десетилетие на приложните аспекти на компютърната интелигентност, на теорията на управлението на сложните системи, на теорията на вземане на решения, на информационните технологии, на Интернет базираните подходи към изграждане на съвременни системи за управление на сложни технологични и екологични процеси и системи. Процесите на глобализация поставят пред реалната икономика все по-сложни задачи, насочени към подобряване на конкурентно способността и екосъобразността. Ролята на информационно-управляващите системи става решаваща за успешен бизнес. Утвърдилото се сред специалистите мнение за необходимост от комбиниране на формални методи с привличане на експертно знание е едно от основните направления на изследванията в областта на управлението на сложни технологични процеси и екологични системи.

В дисертацията е направен опит да се разшири обхвата на функциониране на традиционните системи на управление, обхващайки такива случаи като компромисно управление на обекти с недостатъчен брой управляващи въздействия, вземане на решения за управляващи действия в справяне с неизбежни ситуации посредством ситуационно управление, използване на съществуващ минал опит под формата на прецеденти за определяне на целесъобразно поведение, определяне на управления чрез текущ анализ на приоритетите.

В дисертацията е обърнато внимание на значителните възможности, които съвременните достижения дават за разширяване на традиционно използваните техники на управление – прилагане на структурни изменения в системата чрез превключване, координирано поведение между автономни интелигентни агенти с променящи се роли, прилагане на био - инспирирани методи за оценка на ситуацията и за движение към определяне на целевото състояние на системата. В основата на дисертацията е убеждението, че комбинирането на няколко интелигентни методи дава синергичен ефект. Това съответства на духа на съвременните изследвания с тяхната многопосочност, широк обхват, гъвкавост, възможност за адекватна реакция в непредвидени ситуации. Голяма част от тези изследвания са далеч от своята

завършеност и представената дисертация е опит да се намерят решения на някои нерешени проблеми.

Изследванията в дисертацията в повечето случаи са породени от трудностите в управление на конкретни обекти от енергетиката, системите за отопление, вентилация и климатизация, системите за пречистване на отпадъчни води. От тук произлизат и ограниченията в някои постановки. Ориентацията на приложната част от изследванията е към същите класове обекти.

Представената дисертация е резултат на почти десетгодишни усилия в нова и завладяваща въображението област и се надявам получените резултати да се окажат полезна част от колегиалните усилия на много изследователи от различни страни за прогрес в теорията и приложенията на хибридните системи.

ЦЕЛИ

1. Да се разработят методи и да се оцени целесъобразността от самостоятелно вграждане на автономни агенти , онтологии и прецеденти в системи за управление на сложни обекти.
2. Да се разработят методи за интегриране на традиционни изчислителни модул и интелигентни агенти, елементи, съдържащи знание и биоинспирирани процедури в единни хибридни системи за управление на технологични обекти.
3. Да се развият нови методи за управление на технологични обекти с правоъгълна матрица на базата на хибридни системи за управление.
4. Да се направи сравнителен анализ между различни по състав хибридни системи за един и същ обект и в еднакви ситуации с цел формиране на стратегии при проектирането.
5. Да се разработи необходимият развоен и конкретен софтуер за реализиране на хибридни агентно – базирани системи за управление.
6. Да се приложат получените теоретични резултати към реални технологични и екологични обекти.

I. Литературен обзор и постановка на задачата

1.1. Обща постановка за целите на дисертацията

Управлението на химико-технологични обекти с повече управляеми от възможни управляващи въздействия е класически проблем, третиран вече няколко десетилетия. Конвенционалните системи с избирателно управление (selective control) и ограничено управление (override control) са илюстрация на евристичните инженерни достижения в областта на управление на сложни технологични процеси. В много по-обща постановка проблемът за управлението на обекти с недостатъчен брой управляващи въздействия е поставен в последните 10-20 години.

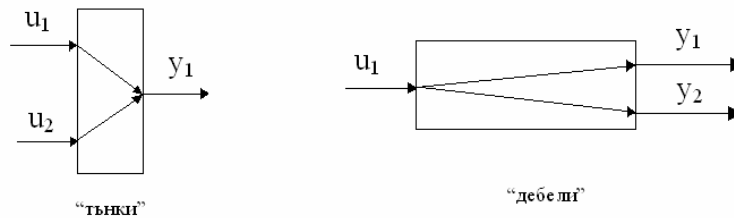
Нарастващите изисквания за използване на все повече възобновяеми енергийни източници налага търсене на нови начини за тяхното управление с цел достигане на по-големи печалби. В повечето случаи тези източници изискват: специален мониторинг на метрологичните условия; процедури за предсказване на мощностите при определени климатични условия; следене на консумацията на енергия; условия на пазара и др.

1.2. Характеристики на сложните обекти

С цел постигане на оптимално управление на сложни технологични обекти се предлага възможност за използване на различни съвременни методи за управление (Advanced Process Control - APC), например при управление на топлоенергийни системи с цел да се координират локалните системи за управление на отделните процеси и достигане на оптимално и ефективно управление при създадената ситуация. Печалбата от своя страна също е сложна функция, зависеща от редица фактори: режими на управление, баланс между бонификации и глоби; техническо подържане; осигуряване на оптимална смес от горива с различни цени. Всичко това налага въвеждане на нов тип системи, подходящи за енергиен мениджмънт. Те имат за задача да предлагат целесъобразно поведение (не обезателно оптимално) на всяка подсистема в енергийните системи с цел достигане на по-добри показатели от гледна точка на печалбата.

1.3. Проблеми на интегрираното управление на сложните обекти

В дисертацията се разглеждат задачите за управление на обекти с не квадратна матрица, представени в т. 1.2. Такъв вид обекти с правоъгълна матрица са теоретично неуправляеми, тъй като степените на свобода не достигат. Видовете обекти с правоъгълна матрица, в техния най-прост случай са представени на Фигура 1.1.



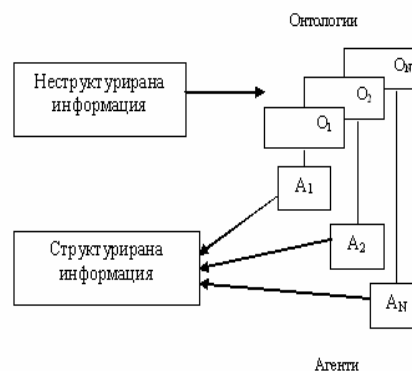
Фигура 1.1. Описание на структурата на сложни обекти

1.4. Прилагане на изкуствен интелект и методите основаващи се на знание

В съвременните системи за управление наличието на знание е от съществено значение, и прилагането му в агентни системи дава възможност за вземане на решение за управление в зависимост от настъпилите промени в околната среда, което прави такъв род хибридни системи подходящи за работа в променливи условия и при непълна и неточна информация.

1.5. Резултати по Онтологии

Хибридизацията на такъв род системи е възможна чрез използване на техники на интелигентните системи. Голямата част от тях като функции са едни и същи, но теоретичните им представяния и особено приложенията им се различават. Тук се отнасят: Изкуствени невронни мрежи, Размити множества и Размита логика, Генетични алгоритми, Машинно обучение, Биологично инспирирани процедури (рояци, имунна система, колонии), Интелигентни агенти, Онтологии.



Фигура 1.4 Принцип на структуриране на информацията

1.6. Хибридизация

В хибридната система за управление са налице голям брой ограничения:

- Ограничения, наложени върху управляемите и управляващите въздействия.
- Ограничения на функционалността и комуникацията в агентният – компонент.

- Ограничения чрез връзки, аксиоми и интерпретации, представени във Формалния Онтологичен Модел (Formal Ontological Model (FOM)), наложени на онтологичният - компонент.

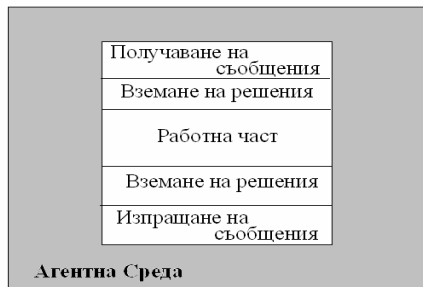
II. Структурни елементи и техники в хибридните и управляващи системи

2.1. Автономни агенти и Мулти Агентни Системи

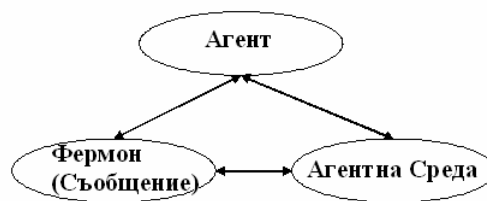
Структурата на агентите се определя в зависимост от поставените им цели и приетия програмен подход, описан в глава 1. Създава се декомпозиция на софтуерна система и се избира типа на използваните елементи: агенти или обекти. За всеки агент се прави описание в следната последователност:

- Цели (ако има).
- Функции и действия.
- Сценарии за очаквано въздействие на средата.
- Интерфейс, включващ използвана и произведена информация.
- Проверка за пълнота и съвместимост.

Анализът на всеки структурен елемент спрямо нуждите на системата дава възможност за избор на неговия тип и изграждане на цялостна агентна, алгоритмична или комбинирана система.



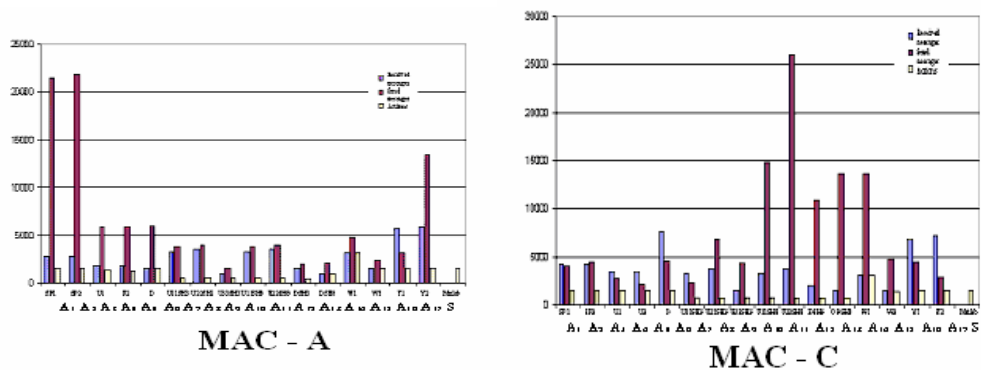
Фигура 2.1. Структура на агентите



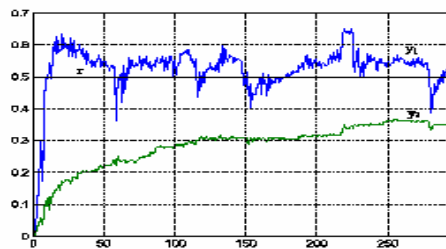
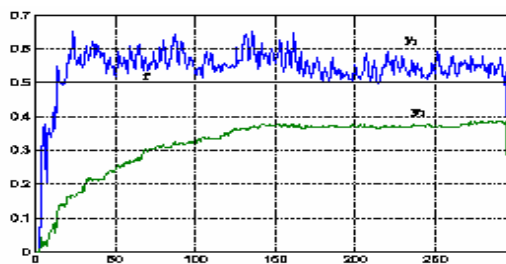
Фигура 2.3. Механизъм на стигметрията (Stigmergy)

2.2. Синхронност и асинхронност

Информацията в мултиагентното общество се определя въз основа на текущото действие на системата, като всеки агент определя каква информация да подаде на обществото. В зависимост от промените настъпили в околната среда, или препоръки от другите агенти, агентът решава какво да съобщи на обществото използвайки експертно мнение базирано на използването на различни технологии – онтологии, системи за работа със знание и възможност за търсене на управление базирано на прецеденти (CBR). Агентът има възможност да приеме решение от друг агент или да определи свое решение, което споделя с другите агенти в МАС, като по този начин системата дава възможност за по – лесна адаптация и реакция в текущия момент.



Необходимо е използването на други елементи (независими от агентите) с цел намаляването на обема на комуникации между тях. За такива структури са избрани онтологиите. Онтологиите дават възможност за прехвърляне на част от знанието на агентната среда в тях. По този начин при определени условия в системата не е необходимо агентът да запитва другите агенти (което води до повишаване на комуникациите), а има възможност за директно обръщане за информацията към онтологията.



2.2. Онтологии

.Изгражда се структурата на онтологията, като се определят основните концепции, термини, релации и атрибути съставляващи онтологията, като съдържат описание на системата за управление. В точка 2.3.3 е изложен метод за изграждане на динамична структурата на онтологията, което също се предвижда в този етап: определя се кои части следват да бъдат статични (всеобщо известни и непроменящи се сведения за областта на управление и вида на технологичния процес, индикации за аварии) и кои динамични (смущения, износване на оборудване и др.). На този етап се извършва и оптимизация по разпределение на функциите между различните структури за управление, разгледани в следващата глава.

В дисертационния труд разработените онтологии предимно са предназначени за управление на сложни технологични обекти, което налага да се оценят редици фактори, характерни за областта на управление: вида на системата на управление (супервайзорна система, диагностична система), вид на системата подлежащи на управление (система за отопление и вентилация, система за пречистване на води, система за софтсенсинг), параметри на системата, наложени ограничения, възможни състояния на системата и др.



Фигура 2.9. Дизайн на онтологичната система

Определя се структурата на онтологията, като се задават основните концепти, термини, релации и атрибути съставляващи онтологията, които съдържат описание на системата за управление.

III. Разпределение на функциите между компонентите на хибридна система

3.1. Същност и проблеми на хибридацията в системите за управление

Спецификацията на управляващите системни функции на локално ниво представлява първоначалния етап от проектирането на хибридна система. Изготвеният списък от спецификации (базиран на разпределението на функциите в системата) може да бъде променян на определени интервали от време на цикъла за дизайн или след разширение на системата, което може да доведе до промяна на списъка на съответните функции на системата. За всяка компонента на хибридна САО система за управление съществуват три алтернативи за всяка специфична функция f_i :

- Възможна уникална реализация : $f_u \in F_u$: възможност за реализация при повече от една компонента С, А или О: $f_G \in F_G$
 - Невъзможност за реализация за сигурна компонента С, А или О : $f_I \in F_I$
- Пълният набор от функции може да бъде представен чрез израза:

$$F = F_u \cup F_G \cup F_I \quad (3.1)$$

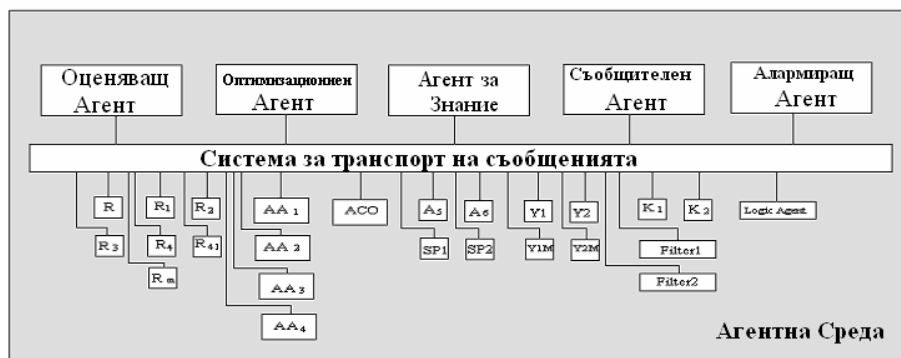
където: F_u, F_G, F_I са набор от уникални, общи и невъзможни реализации; f_u, f_G, f_I са частичните съответни функции. Наборът от функции във всяка САО (Алгоритмична(С), Агентна (А), Онтологична (О))- компонента могат да бъдат представени във формата:

$$\begin{aligned} F_C &= F_u^C \cup F_G^C \cup F_I^C \\ F_A &= F_u^A \cup F_G^A \cup F_I^A \\ F_O &= F_u^O \cup F_G^O \cup F_I^O \end{aligned} \quad (3.2.)$$

В дисертационния труд оптималното разпределение на функции е насочено към набор от функции, включени в набора на приетата функция G, която може да бъде реализирана алтернативно в различните компоненти С, А, или О на хибридна система.

$$F_G = F_G^C \cup F_G^A \cup F_G^O \quad (3.3.)$$

Разработената хибридна мултиагентна - система за управление може да се реализира като компонентна САО система, имаща следната структура (Фигура 3.1)



Фигура 3.1. Схема на MAC като част А от хибридната система за управление

Агентите и асоциациите от агенти, включени в MAC са представени на Фигура 3.1: управляващи агенти (R , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_{41} , R_m); групи агенти за симулация на технологичния обект (AA_1) и (AA_2); групи от агенти определящи ограничения наложени на система за управление (AA_3) и дефиниращи системните критерии (AA_4); агенти за анализ на ситуацията (A_5); агент за определяне на смущенията в системата (A_6); агенти филтриращи сигналите ($Filter1$, $Filter2$); агенти, формиращи заданието за системата ($SP1$, $SP2$) и изходни агенти ($Y1$, $Y2$, $Y1M$, $Y2M$). Разработеният агент за оптимизация използва методологията предоставена от алгоритъмът на “мравешката оптимизация” (Ant Colony Optimization (ACO)), който е предпочетен заради лесната му реализация посредством използването на агенти. MAC има специална група от агенти за диагностика, мониторинг и управление на знанието, която включва агент за оценка на качеството на работа; глобален оптимизационен агент, определящ знанието агент, съобщителен агент и алармиращ агент.

3.2. Хибридизация между Агенти и Онтологии

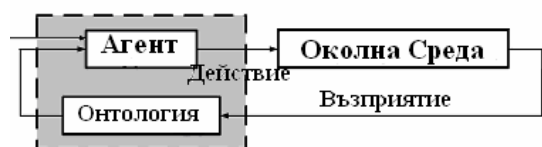
Агентите, разработени при изграждането на хибридни системи за управление на сложни технологични обекти, могат да се съпоставят с мравки (Фигура 2.3). Интегрирането на “мравешка оптимизация” (ACO) в средата за управление, схематично може да се представи във вид на система за управление с обратна връзка, която ползва информацията разпространена в околната среда и споделяне на информация посредством феромони (съобщения) (Фигура 3.3):



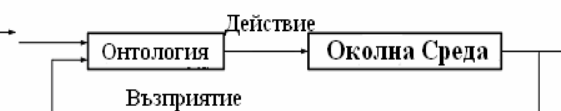
Фигура 3.3. Взаимодействие между Агенти и околна среда

При сложните системи, в които семантичното съдържание на обратната връзка е от определящо значение, използването на техники за търсене в бази с данни не е ефикасно, поради големия обем на търсените данни и липсата на семантично описание в процеса на търсене, което довежда системата до намаляване на бързодействието, поради необходимостта за непрекъснато обръщение към базата и необходимо системно време за осъществяване на връзка с нея. Предимствата на Онтоологиите (виж глава 1) дават възможност за структуриране на знанието, необходимо за работата на хибридна система за управление. Онтоологиите могат да станат динамични с помощта на специализирани за целта агенти, което ги прави подходящи за използването им като система за мениджмънт на знанието. Една от причините за предпочитането им пред бази от данни е тяхната гъвкавост, както и лесна интеграция с агентни системи. Използването на онтологии намалява технологичното време за комуникация и разширява възможностите за търсене на знание от страна на агентите.

Възможността за съвместна работа между агенти и онтологии, като хибриден модул е представена на Фигура 3.4.



Фигура 3.4. Хибридизация между агенти и онтологии



Фигура 3.5. Взаимодействие между онтологии и околната среда

В определени системи (медицински, библиографски, кулинарни и др.) е възможно цялостно поемане на функционалността на дадената система от онтоологиите. Това се дължи на факта, че онтоологиите могат да се ползват като формализирано описание на околната среда, което дава възможност за пряко взаимодействие с нея (Фигура 3.5).

Такъв вид структура за управление изцяло базиран на онтологично управление е неподходящ за системи с често изменящи се параметри, характеристики и ограничения. Използването на онтологични системи за управление е неприложимо поради факта, че липсва динамичен компонент за обновяване на знанието в онтоологиите. Хибридизацията между агенти и онтологии се оказва добър подход за изграждане на системи за управление поради взаимно допълващите им свойства.

3.3. Хибридизация между Алгоритмични модули, Агенти и Онтологии

Изборът на функциите за CAO-хибридно управление се поддържа от определена система изисквания чрез качествено дефинирани критерии.

1) Точност на системата - J_1

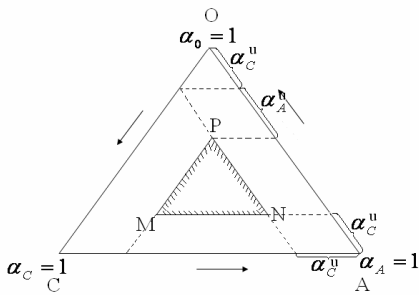
- Минимизиране на грешките в системата
- Отчитане на смущенията
- Нарушения на ограниченията наложени на системата

2) Минимизиране на степента на комуникации– J_2

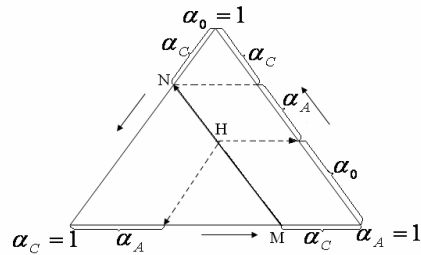
3) Степен на използваното знание– J_3

На този етап на проектиране, изпълнението на изискванията J_1 , J_2 и J_3 се оформя списък с функции от задачи в С, А, О частите, както и съответните множества F_U , F_G и F_I (виж глава 2.3). Броят на всички функции от множества F_U , F_G и F_I , включени във всяка САО - част се приемат като индекси от функции на частично разпределение, където n_c, n_a, n_o е съответно броят на функциите към всеки един от компонентите в системата – алгоритмични (С), агентни (А) и онтологични (О), представени като:

$$\alpha_c = \frac{n_c}{n} \quad \alpha_A = \frac{n_A}{n} \quad \alpha_O = \frac{n_O}{n} \quad (3.5.)$$



Фигура 3.11. Трикомпонентна симплексна диаграма за частично разпределение на функциите



Фигура 3.12. Ограничено разпределение между част А и част О (сегмент MN)

Графично това може да бъде представено в три - компонентна симплексна диаграма (Фигура. 3.11.). Ако уникалната F_U и невъзможната F_I функции са взети предвид, в подпространството на общата функция F_G може да бъде получен (триъгълника MNP). Докато подмножеството $A \cup O$ е значително по-голямо от $A \cup C$ и $O \cup C$, то главният интерес е представен в хибридната система с фиксирани С-функции. На Фигура. 3.12 това е показано чрез сегмента MN. В случая приетият скаларен индекс представлява съответно разпределението на функциите между А и О частите.

$$\beta = \frac{\tilde{n}_O}{\tilde{n}_A + \tilde{n}_O} \quad (3.6.)$$

където: $\tilde{n}_A, \tilde{n}_O$ е брой на общите функции, които са разпределени между А и О-частта.

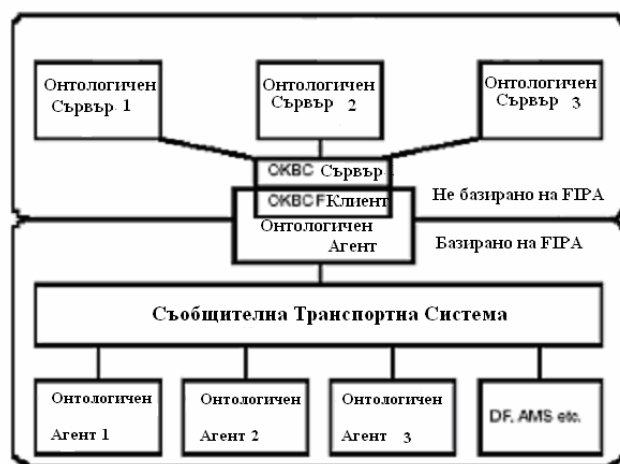
Общите функции на компонентите в системата (Алгоритми, Агенти, Онтологии) могат да се обобщят като: обща информация, модели, изчислителни алгоритми,

системни ограничения, общи начални и крайни условия; общи ресурси, действия, събития, поведение.

3.4. Интеграция и софтуерен дизайн на хибридна система

При хибридизацията между различните структури за управление се използва специфична архитектура (Фигура 3.1), показваща начина на връзка между агентните системи със съответните онтологични модули.

Спрямо приетия агентно – базиран модел, предварително трябва да се определи общата функция за възможностите за разпределение на функционалностите между различните компоненти в системата F_U , като се направи тясно разграничение и се определи обща функция описваща всички функции в системата F_G и функции F_I , които не могат да бъдат прехвърлени към онтологиите (виж уравнения (3.1 - 3.2)). Вследствие разработената по горе стратегия за оптимизация на разпределението на функциите се уточняват точно кои от тях могат да бъдат онтологични и кои агентни. Предложената архитектура на Фигура 3.29 дава възможност за съвместна работа на различните структури за управление.



Фигура 3.29. Съвместна работа на агентни и онтологични структури

3.5. Обобщение и изводи

При хибридизация на интелигентни структури за управление, представени от комбинацията между алгоритми – агенти – онтологии (CAO) е представен механизъм за разпределяне на функционалността на хибридната система за управление, между различните видове компоненти.

Разработени са различни методологии за разпределяне на функциите в хибридна система за управление целяща ефективност: в областите достигане на определена точност на управление, удовлетворяващ определени целеви критерии за качество на управление, бързодействие на системата (породено от наложените системни

ограничения и изисквания към нея – необходима оперативна памет, хардуерен капацитет и др.).

Представен е анализ на начина на разпределение на различни функционалности между определени компоненти изграждащи отделни части на хибридната система за управление.

Разгледани са възможностите за работа на различните компоненти самостоятелно, като е направена и съпоставка на съвместната им работа.

Направен е анализ на комбинацията (хибридизацията) на различни интелигентни структури (Алгоритми, Агенти и Онтологии), като са определени предимствата и недостатъците на всеки един от предложените подходи за хибридно управление на сложни технологични обекти.

IV. Хибридни управляващи системи

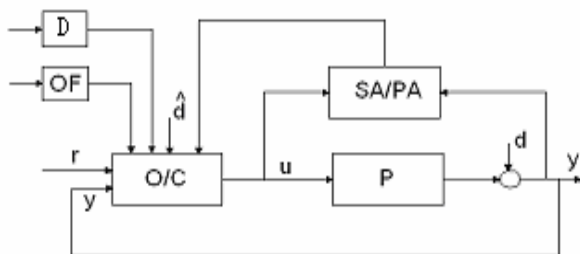
4.1. Управление на обекти с правоъгълна матрица

Обектите за управление могат да се представят със следната линейна апроксимизация:

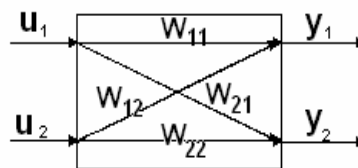
$$y(k) = \sum_{i=1}^{Nn} W^c(i)u(k-i) + \sum W^d(i)v(k-i) + \xi(k) \quad (4.1)$$

където $y \in R^n$ и представлява вектор от управлявани величини (Control Variables - CVs), $u \in R^m$ е вектор от управляващи величини (Manipulated Variables - MVs), $v \in R^r$ се описва от измеримите смущения в системата (Disturbance Variables - DVs) и $\xi \in R^p$ е вектор, описващ еквивалентната стойност на неизмеримите смущения, възникнали в системата. $W^c(j)$, $W^d(j)$ - са дискретни времеви функции, описващи съответните динамични канали за управление.

Обобщената структура за управление на обекти с правоъгълна матрица е представена на Фигура 4.1.



Фигура 4.1. Обобщено управление на обекти с правоъгълна матрица



Фигура 4.9. Обект с два входа – два изхода

В общ опростен вид, такъв обект за управление може да се представи, като обект с два входа – два изхода (Two Inputs – Two Outputs (TITO)), където броят на

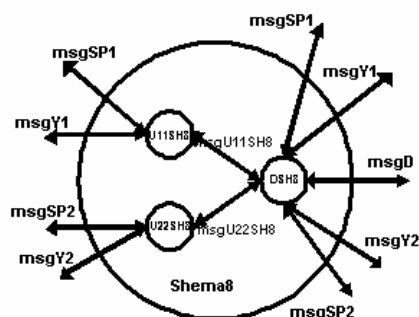
управляващите величини MVs m е равен на броят на управляемите величини CVs n (Фигура 4.9).

Разгледаният TITO обект може да има седем състояния за управление в зависимост от промените настъпили в неговата структура – отпадане на входно или изходно въздействие по първият или вторият канал. Възможните състояния на обекта: входните или изходните му параметри, съответните преходни характеристики валидни за ситуацията на управление, както и съответният контур за управление са показани в таблица 4.1.

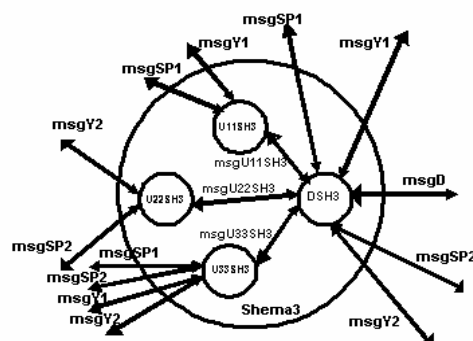
Таблица 4.1. Възможни ситуации за управление

№	Situation	MVs	SVs	Transfer Functions	Controller(s)
1	TITO	u_1, u_2	y_1, y_2	$W_{11}, W_{12}, W_{21}, W_{22}$	R_1, R_2
2	TISO-1	u_1, u_2	y_1	W_{11}, W_{12}	R_1, R_2
3	TISO-2	u_1, u_2	y_2	W_{21}, W_{22}	R_1, R_2
4	SITO-1	u_1	y_1, y_2	W_{11}, W_{12}	R_1, R_2
5	SITO-2	u_2	y_1, y_2	W_{21}, W_{22}	R_1, R_2
6	SISO-1	u_1	y_1	W_{11}	R_1
7	SISO-2	u_2	y_2	W_{22}	R_2

Според ситуацията, възникнала в системата, ситуационните агенти определят текущото състояние на системата (виж точка 4.1.4). В зависимост от ситуацията (един от дадените в таблица 4.1 състояния) се предприемат действия за оптимизиране или привеждане на системата в друго устойчиво състояние.



Фигура 4.11. Агентна схема 8 за управление



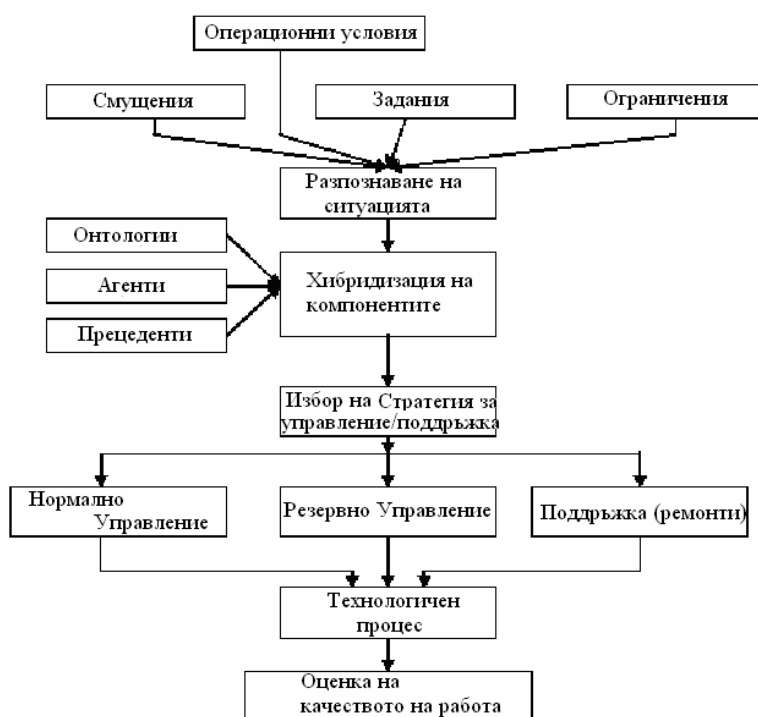
Фигура 4.12. Агентна схема 3 за управление

В случай на отпадане на управляващото въздействие по първия канал на управление (SITO-1) или по втория (SITO-2), агентът спрямо текущото състояние на обекта (точност, или по някой друг критерий определен от целевите функции) на базата на правила (приложение 1) избира към какво управление или структура за управление да превключи. Управляващите агенти са с реконфигуративна структура, която следва

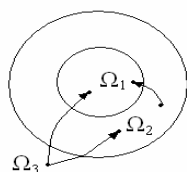
структурата за управление на SITO обекти (Фигура 4.11 и Фигура 4.12). В точка 4.3 разгледани подробно разработените схеми за реконфигурационно управление, анализирани са техните предимства и недостатъци.

4.2. Управление базирано на агенти и прецеденти (A& CBR)

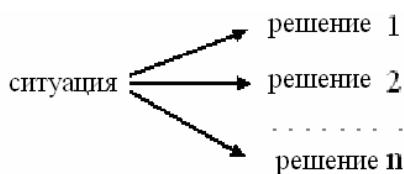
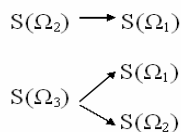
Разработените агентно-базирани системи за диагностично управление, работят в зависимост от общото състояние на системата - S , като избраната стратегия за управление/поддръжка се определя от нивото, характеризиращо работата на системата: нормално, анормално или резервно (при спешни ситуации) тип на управление. Нивата на управление са дадени на Фигура 4.17.



Фигура 4.13. Система за хибридно управление (ХСУ)



Фигура 4.14. Операционни условия



Фигура 4.15. Множество от възможни ситуации за опрен случай

Ω_1 – област на нормално функциониране на система при наложени върху нея ограничения.

Ω_2 – област на приемливо функциониране на системата (но само за специални ситуации и изисквания), поради различни инцидентни спирания, операторски грешки или повреди на измервателни уреди, вентили или други елементи от системата.

Ω_3 – област на опасно функциониране на системата, което може да доведе до опасност и трябва да се напусне бързо. Довеждането на системата до работа в областта на приемливото функциониране е алтернатива (Фигура 4.14).

Първоначално системата определя текущия случай и спрямо него съответните възможни решения. В зависимост от ситуацията системата, може да вземе различни решения за реакция. Разработен е алгоритъм за избор на решение (4.9) (Фигура 4.17). За целта се определя показател, характеризиращ съответното решение за приложимо $D^{solution}$, който е между -1 и 1.

$$D^{solution} = \frac{(S_{12}D_{12}^{case} - S_1D_1^{case})(S_{21}D_{21}^{case} - S_2D_2^{case})}{S_1D_1^{case} + S_2D_2^{case}} \quad (4.9)$$

където: $D^{solution}$ – обобщава близостта на решението с най – близкия подобен предходен случай (прецедент); S_{ij} – възможно решение; D_{ij}^{case} - степен на подобност между текущият случай и най – близкият прецедент (4.10).

$$D^{case} = \frac{(c^* - c^{new})(c^{new} - c^*)}{c^* + c^{new}} \quad (4.10)$$

където: D^{case} – близост между текущата ситуация и предходна такава; c^* - най – близък прецедент; c^{new} – нова ситуация настъпила в системата.

Ако $D^{solution}$ е с положителна стойност, то агентите в системата започват търсене за оптимално управление. Като един от начините е агентно гласуване за най-добро решение: прилага се метода на мравешката оптимизация, базиран на възможността решението да е лошо и вероятността да е добро спрямо възникналата ситуация, представено от уравненията (2.13 и 2.14). Агентите определят тегло на решението (0 - 1).

$$P_u^*(m) = P_u W_{solution} \quad (4.11)$$

където: $P_u^*(m)$ – е претеглено решение спрямо определено спрямо ситуацията тегло $W_{solution}$.

Избора на решение за управление се взема вследствие претегляне на възможните решения, спрямо най – близкия прецедент определен от гласуването на агентите:

$$W_{solution} = D^{solution} A^{vote}, \quad A^{vote} = \frac{|VP - VN|}{N} \quad (4.12)$$

където: A^{vote} – резултат от гласуването на агентите, VP – брой мравки дали позитивен глас за съответното решение; VN – брой на негативните гласове дадени за решението; N – брой мравки участвали в гласуването.

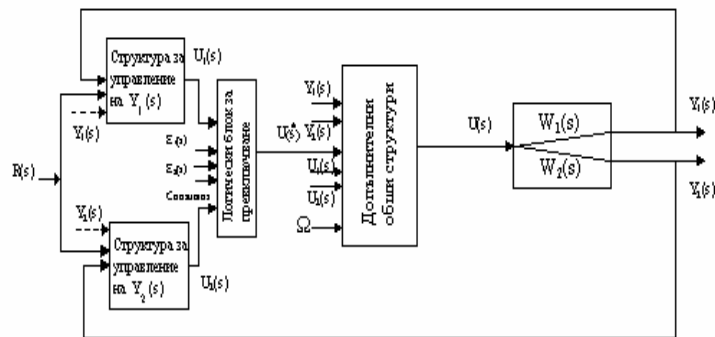
В зависимост от “агентното гласуване”, решението за избор на управление се взема спрямо:

$$P_u^*(m) = P_u W_{solution} A^{vote} \quad (4.13)$$

Ако вероятността решението да е приложимо към текущата ситуация е в границите между $0.7 \leq P_u^*(m) \leq 1$, то избраното решение за управление се подава към управляващите агенти. Ако не може да се намери такова решение, базирано на прецеденти се предприема механизъм за определяне на управление на базата на правила. Този механизъм е разгледан в глава 5.

4.3. Управление на системи с реконфигурация

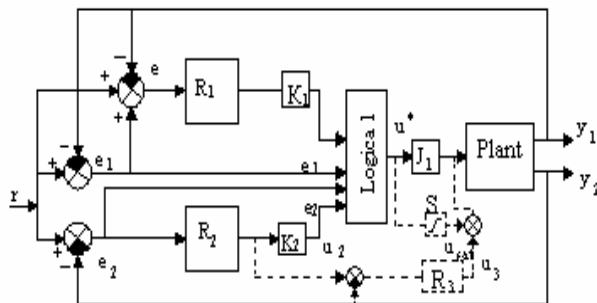
Разработени са 14 схеми за управление на технологични обекти с по – малко управляващи въздействия от изходни величини, които в най – общ вид могат да се представят обобщена схема, показана на Фигура 4.18. Използват се структури за управление и по двата канала на обекта, като всяка една от тях включва схема за управление с обратна връзка.



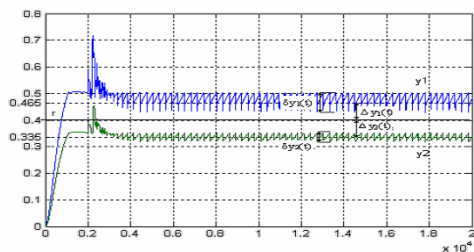
Фигура 4.18. Обща схема за реконфигурационно управление

При схема 1 (Фигура 4.19) се използва превключваща логика и компенсатори.

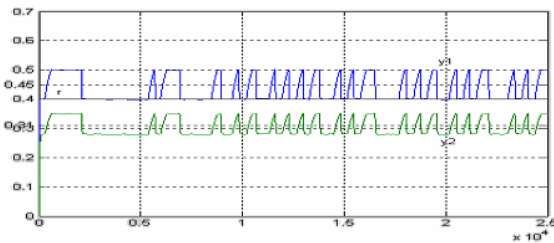
Реакцията на системата е показана на Фигура 4.20.



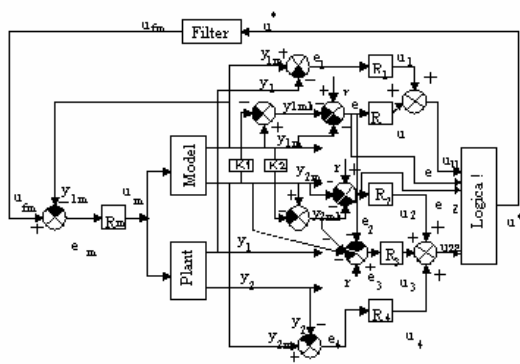
Фигура 4.19. Схема за реконфигурационно управление 1 и 2



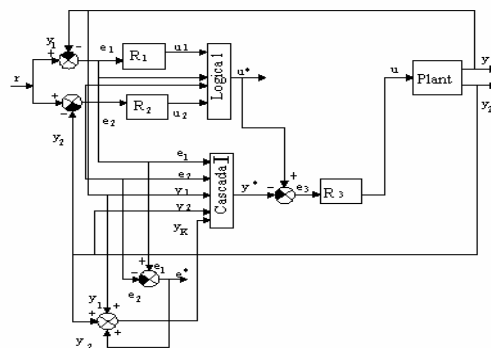
Фигура 4.20. Реакция на системата при управление със схема 1



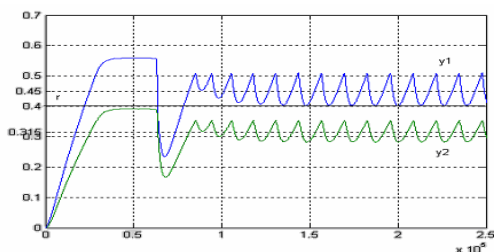
Фигура 4.25. Реакция на системата при управление посредством схема 2



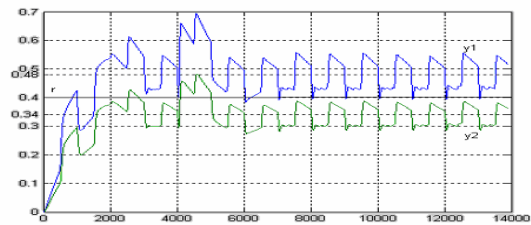
Фигура 4.21. Реконфигурационна схема за управление номер 6



Фигура 4.22. Реконфигурационна схема за управление номер 9



Фигура 4.23. Реакция на системата при управление посредством схема 6



Фигура 4.24. Реакция на системата при управление посредством схема 9

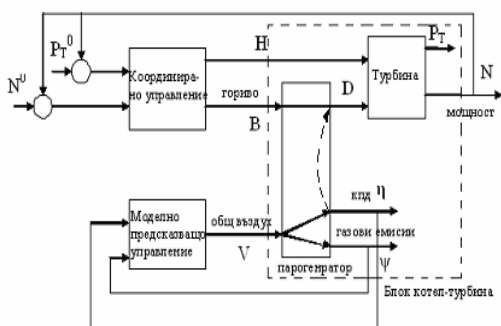
4.4. Управление посредством използване на Моделно Предсказващо Управление и Агентни Системи

Оптимизацията на КПД на котела и количеството вредни газови емисии се стреми да отстрани следните промени:

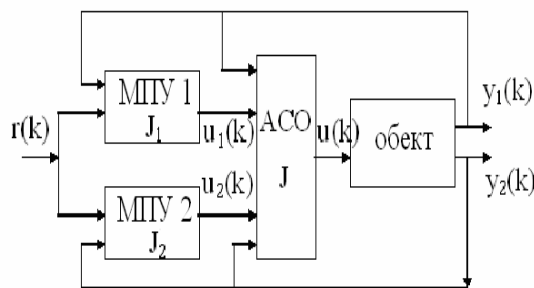
- Оптимизацията на горивния процес може да осигури до 2 – 3% увеличаване на кпд. При on – line процедури това е в рамките на точността на моделиране и предсказване на поведението на котела поради високото ниво на смущенията, породени от променливия състав на горивото и режимни нарушения.
- Невъзможност за мигновено (on - line) определяне на кпд, за което е необходимо осредняване на интервал поне 15 min.

- Липса на on – line данни за част от компонентите, необходими за изчисляване на КПД (напр. недоизгоряло в отнесеното).
- Промяна на конфигурацията на факела (температури, скорости, газови концентрации) в зависимост от натоварването, режима и износването на мелниците.
- Влияние на кръстосаните връзки при управление на парогенератора като многосвързан обект (основно регулирането на мощност, налягане пред турбината, разреждане).

Количеството общ въздух подадено на парогенератора влияе, като външно въздействие на контура за координирано управление на блока. Поради това, интерес представлява декомпозиране на задачата с разглеждане на задача за компромисно управление на количеството общ въздух V . Този аспект от управление е показан на Фигура 4.37, като обект с един вход (v) и два изхода ($y_1=\eta$ и $y_2=\psi$), на които са наложени ограничения ($v^l, v^u, y_1^l, y_1^u, y_2^l, y_2^u$).

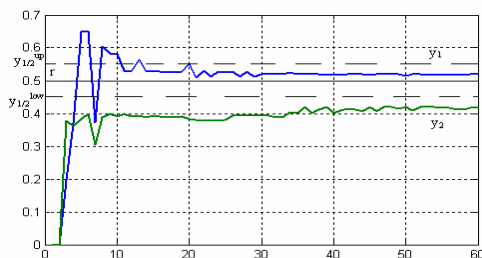


Фигура 4.37. Задача за управление

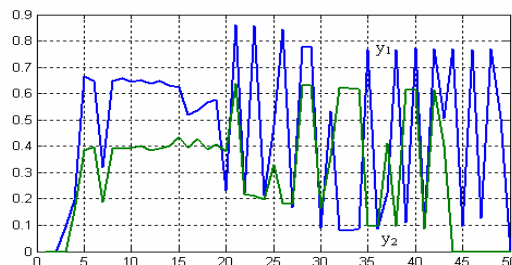


Фигура 4.41. МПУ при твърди ограничения

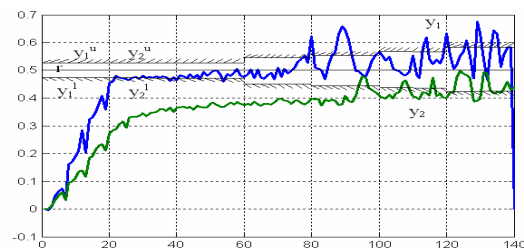
При твърди ограничения, които не се променят с течение на времето ($R_{1/2}^{l/u} \rightarrow \infty$) се използва опростена схема на управление, която е дадена на Фигура 4.41. При този начин на управление не се използват “наказания” и се минимизира само общия критерий (4.38). Приоритетният изход (за разглежданият SITO обект е първият) се поддържа в зададените граници, докато вторият ги нарушава. Системата губи точност, но е устойчива (Фигура 4.42).



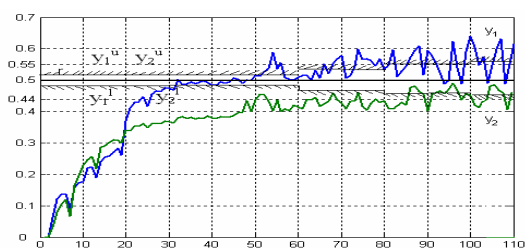
Фигура 4.42. Управление посредством МПУ с “твърди”
Ограничения



Фигура 4.43. МПУ при “меки” ограничения(10%)



Фигура 4.44. Управление посредством хибридна АО система с МПУ при "меки" ограничения(10%)



Фигура 4.45. Управление посредством хибридна АО система с ПИД при "меки" ограничения(10%)

4.5. Обобщения и изводи

Предложени са различни методики за определяне и начин на диагностика на системи за хибридно управление, включващи методологии за ситуационно управление, базирани на възможността за хибридизация между агенти и отологии, както са изложени, като алтернативен подход за проектиране на диагностична система за управление, включваща използването на прецеденти.

Дадена е частична агентната реализацията на реконфигурационните схеми за управление. Използването на този вид агентно реконфигурационно управление дава възможността за диагностика и ситуационно управление посредством възможностите за превключване на различни структури за управление.

Наличието за възможност за реконфигурация на хибридните системи за управление и използването на системи за мениджмънт на знание (онтологии), както и такива базирани на прецеденти дава възможност за изграждане на хибридна агентно – базирана система за управление на технологични процеси.

V. Хибридизация на интелигентни техники

5.1. Използване на размита логика

Най – общо обединението на знанието може да се опише със следните стъпки, описващи начина на обединение на опростен случай – размиване на знанието на две онтологии:

- Определяне на пресечните области на знание на онтологиите.
- Определя се областта на припокриване на знанието между двете онтологии SK_{12} , където SK_1 е знанието, предоставено от онтологията имаща по – голям приоритет за съответната система за управление. Съответно с SK_{21} е означено обединението на знанието, при което по – голям приоритет е отдаден на втората онтология, описана от SK_2 , като за показател за близост на знание е приет показателят определен в (4.9)

В случаите, за които двойката $\{SK_{12}, SK_{21}\}$ е по голяма от $\{SK_1, SK_2\}$ то $D(k)$ винаги е с позитивна стойност. При наличие на позитивен показател на близост между двете онтологии се приема, че знанието се препokrива и има възможност за обединението му.

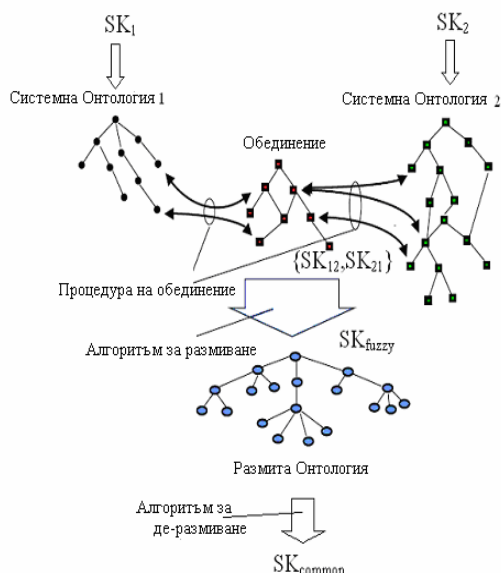
Механизмът за обединение на онтологичните структури и тяхната семантика е представен на Фигура 5.1. В процеса на обединение на знание се проверява дали текущото такова е част от вече известна област от знание (кълъстер) или принадлежи на нов кълъстер (специфично знание за съответната онтология). При определяне на положителен показател на близост на знание $D(k)$, то знанието подлежи на обединение. В противен случай то трябва да се отдели в отделен специфичен кълъстер, обслужващ съответната онтология (с цел преотдворяване на конфликти между тях). По този начин се осигурява устойчивост на работата на размитата (обединена) онтология, даваща възможност, както и за автономна работа на агентните системи, така и при хибридната такава.

Степента на размиване за всеки онтологичен кълъстер от знание може да се представи в следния вид:

$$K_{fuzzy}(i) = \mu_{SK_{12}}(i)D(i) \quad (5.1)$$

където: i - брой онтологични елементи; K_{fuzzy} - степен на размитост; $\mu_{SK_{12}}(i) = \frac{S_{12}(i)}{S_{total}}$ -

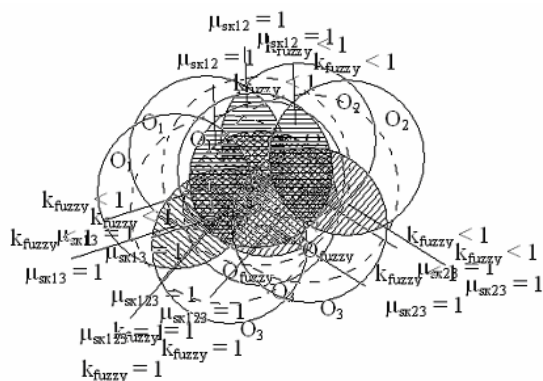
степен на свързаност между знанието, където S_{12} представя броя на свързаните термини и концепции от Онтология 1 с Онтология 2 спрямо текущият елемент; S_{total} - общ брой на връзки в системата.



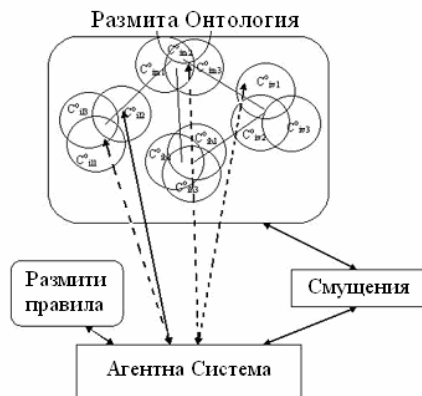
Фигура 5.2. Функции на размиване на знанието в онтологите

```
<owl:Class rdf:ID="HVACControl">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasAirControl"/>
      <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd:nonNegativeInteger">1
    </owl:cardinality>
    <owl:Restriction>
      <owl:ObjectProperty rdf:ID="forAirControl">
        <rdfs:domain rdf:resource="#Control"/>
        <rdfs:range rdf:resource="#AirControl"/>
        <rdfs:parameter rdf:resource="#fuzzyRank"/>
      </owl:ObjectProperty>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdf:HVACControl rdf:ID="computeVentilationControl">
      <owl:differentFrom rdf:resource="#control1"/>
      <owl:differentFrom rdf:resource="#control2"/>
      <rdfs:parameter rdf:resource="#fuzzyRank"/>
    </rdf:HVACControl>
    <rdf:AirControl rdf:ID="setpoint1">
      <owl:sameAs rdf:resource="#control1"/>
      <owl:differentFrom rdf:resource="#control1second"/>
      <rdfs:parameter rdf:resource="#fuzzyRank"/>
    </rdf:AirControl>
    <rdf:AirControl rdf:ID="setpoint2">
      <owl:sameAs rdf:resource="#output1"/>
      <owl:differentFrom rdf:resource="#output1second"/>
      <rdfs:parameter rdf:resource="#fuzzyRank"/>
    </rdf:AirControl>
    <owl:intersectionOf rdf:parseType="Control">
      <owl:Class rdf:about="#HVACControl">
        <owl:Restriction>
          <owl:onProperty rdf:resource="#hasAirControl"/>
          <owl:hasValue rdf:resource="#control1"/>
        </owl:Restriction>
      </owl:intersectionOf>
    </owl:Class>
```

Фигура 5.3. Част от софтуер описващ размита Онтология



Фигура 5.4. Развиване на онтологичните клъстери от знание



Фигура 5.3. Използване на развита онтология

5. 2. Използване на невронни мрежи

Разработена е Мулти Агентна Система (МАС) за on – line идентификация на недоизгорелия въглерод в отнесеното ($C_{отн}$) - параметър на горивния процес, който влияе силно върху кпд. Основните променливи, които оказват влияние на $C_{отн}$, са: активната мощност N и концентрацията на кислород в изходящите газове O_2 , както бе посочено по-горе. МАС извършва предварителна обработка на сигналите с цел съставяне на по-точен модел.

След като МАС извърши предварителната обработка на данните, цялата информация постъпва в Агента за верификация на данните. Начинът на действие на агента е показан на Фигура 5.8.

Той дава възможност на системата да избере подходящи данни за обучение на системата и да се състави по – точен модел.

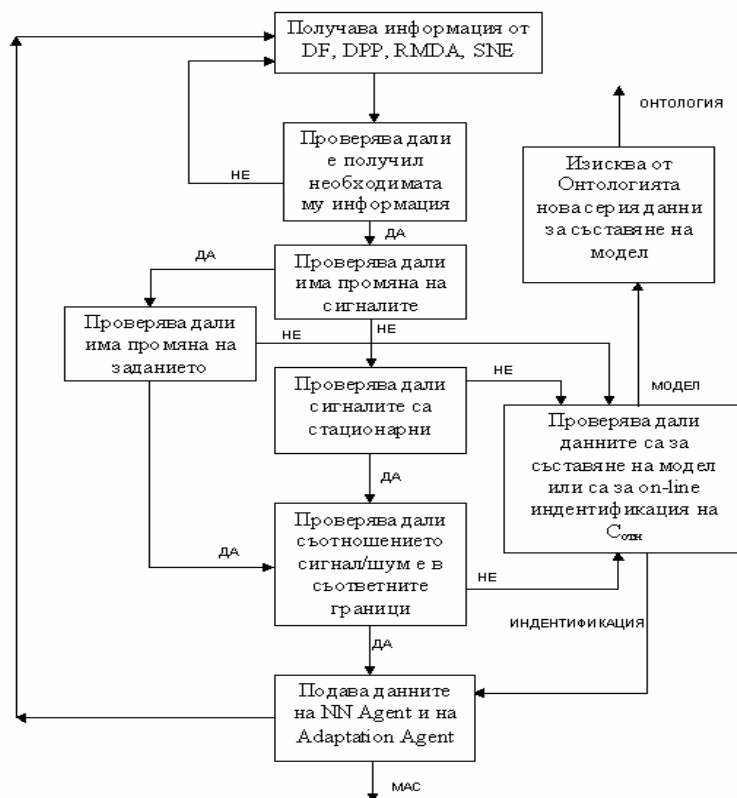
Структурата на невронната мрежа е дадена на Фигура 5.9. Невронната мрежа е разработена, като агентна такава, съставена от 9 агента, които изпълняват функциите на неврони и имплементират невронен модел, като изчислителният механизъм е представен в матричен вид. Имплементацията на невронна мрежа е трудна от софтуерна гледна точка, като всеки един от агентите – неврони се състои около 2000 реда код.

Като основен критерий за оценяване за точността на модела за определяне на количеството въглерод в отнесеното, се приема средноквадратичната грешка, изчислена между предсказаните и експерименталните данни. Тя се изчислява посредством израза:

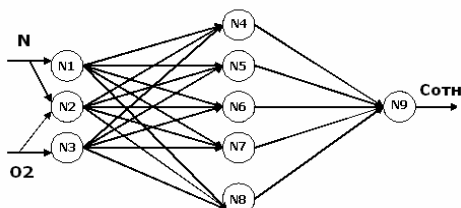
$$\sigma_{oct}^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{N - k} \quad (5.8)$$

където N е брой опити, k – брой коефициенти, а u_i и $\hat{y}_i$ са съответно експериментално получените и предсказаните стойности на параметъра, за който се изчислява грешката. За приемлива се смята грешка до 10%.

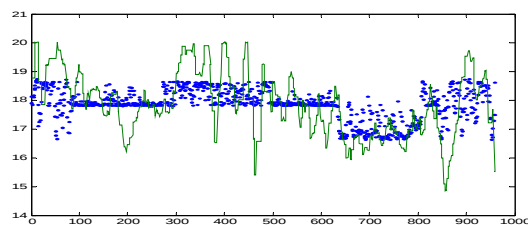
Относителната грешка от обучението с извадка от 960 измервания, като се използва софтуерен сензор с неврона мрежа е 5.28% (Фигура 5.10), а относителната грешка на верификацията на мрежата при използване на тестова извадка съставена от 480 измервания е 6.32% (Фигура 5.11).



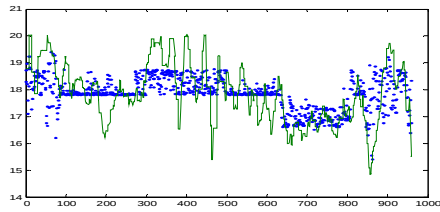
Фигура 5.8. Действие на Агента за верификация на данните



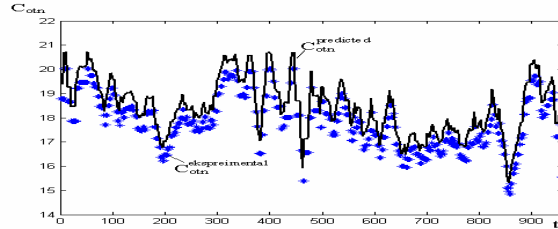
Фигура 5.9. Невронна агентно-базирана мрежа



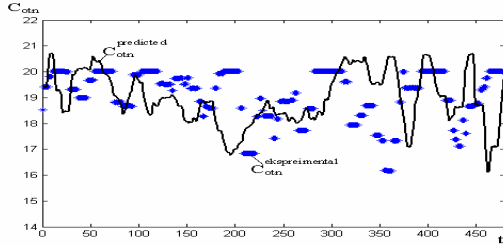
Фигура 5.10 Обучение на софтуерен сензор – 5.28% грешка



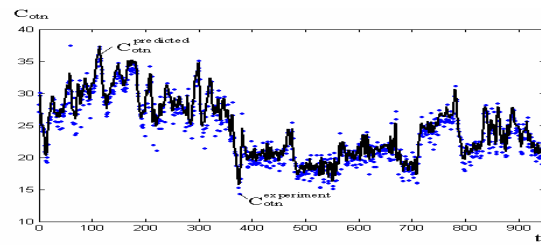
Фигура 5.11 Верификация на софтуерен сензор – 6.32% грешка



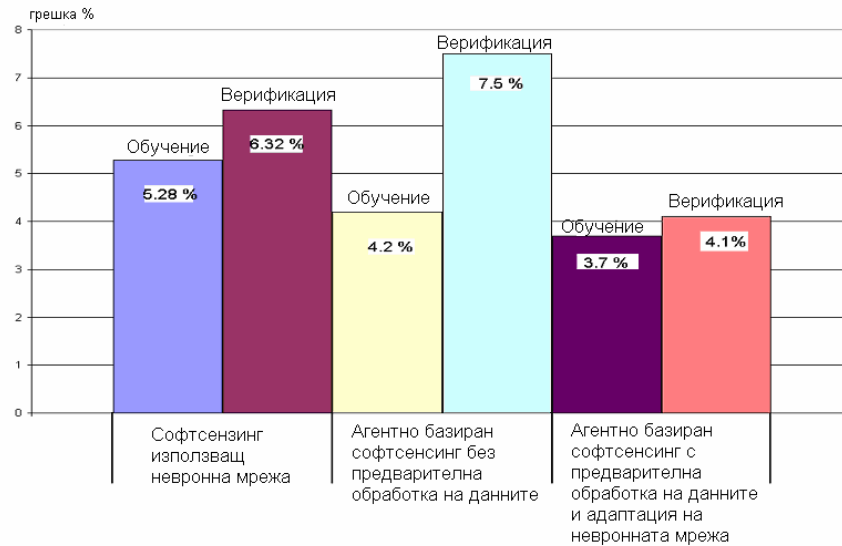
Фигура 5.12. Обучение на MAC с pre – processing – 3.7 % грешка



Фигура 5.13. Верификация на MAC с pre – processing – 4.1 % грешка



Фигура 5.14. Обучение на невронна мрежа без pre – processing – 4.2 % грешка



Фигура 5.18. Точност при различните видове софтсенсинг

5.3. Използване на прецеденти

В текущата разработка решението на проблема е пригодно за системи с хибридна структура, като в неговото определение е добавен вектор, описващ структурата на управление Ω_i , параметър, определящ вида на управление (SP, NSP-F, NSP-T (виж глава 4)) θ_i , и оценка на точността на системата ξ_i

$$C = (P, S_i), S_i = (\Omega_i, \theta_i, \xi_i) \quad (5.9)$$

Подобността между възникнал нов проблем p и съществуващ такъв p_i в наличните предходни прецеденти (CBR) се формулира чрез използването на теоремата за разстояние на Ханнинг:

$$S = \alpha(P, S_i), \quad (5.10)$$

определяща “локално - глобален” принцип за подобие [79, 106].

Изразът

$$u = F(P, S_i), \quad (5.11)$$

изразява възможността за приемане на решение за определен проблем p .

Адаптацията на решението се определя с:

$$S = \alpha(P, S_i) \quad (5.12)$$

След избора на начални прецеденти, даващи възможност за пускане на CBR модул следва подобрене и адаптация на избраните прецеденти, вследствие подобрене на използваният механизъм. Това става по следният начин:

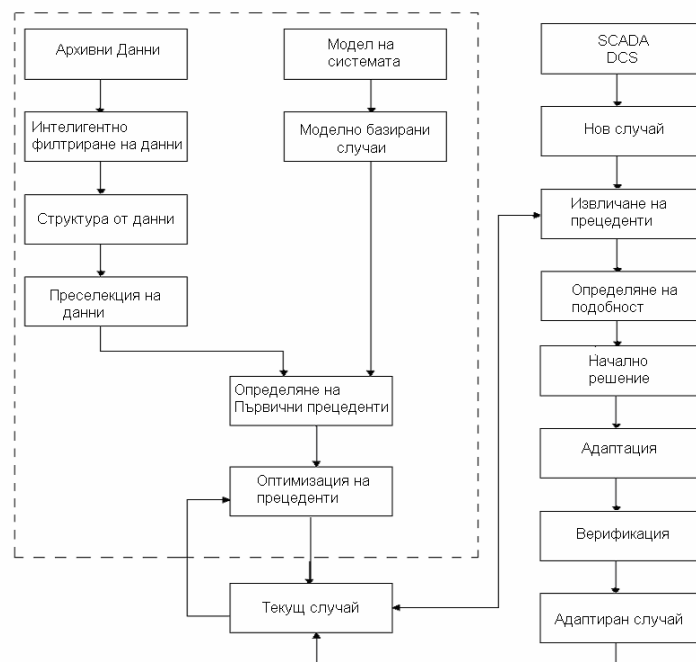
- Включване на нови симулационно определени случаи, даващи възможност за по-бързо търсене на подобие и по-ясна информация определяща действията на операторите на системата.
- Адаптация на теглата, определящи достоверността на прецедента базирана на различни итеративни процедури.
- Разширение на съществуващите клъстери от първоначално определените прецеденти с включване на такива с по-нисък интензитет на проявление.

При създаване на система за управление, базирана на прецеденти следва да се покрият следните критерии:

- Прецедентите да имат възможно най-голяма компетенция:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5.18)$$

където: $\rho < 1$ определя лоша обусловеност на случая (непълнен, погрешен или липса на такъв за определената ситуация).

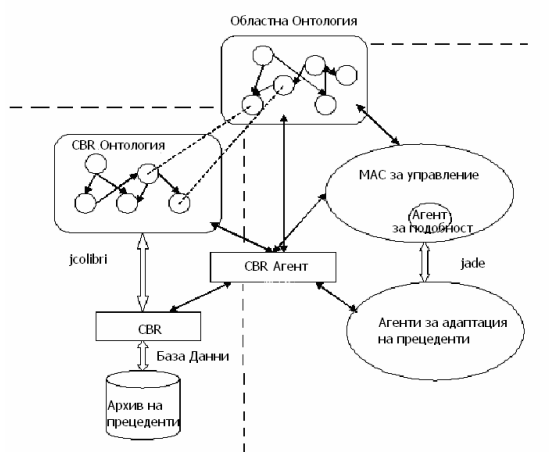


Фигура 5.19. Структура на диагностична система, използваща прецеденти

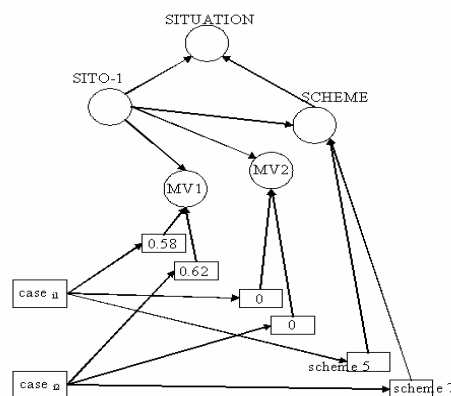
5.4. Интеграция на хибридните структури Агенти и Онтологии и системата за CBR

Обособеният за работа CBR-агент получава множество от определени от CBR модула пет най – близки съседи и ги препраща към агентната система (MAS). Разработената CBR система има опция за търсене на случаи, освен от база данни и от онтологии (jColibri предоставя такава функционалност), което дава възможност за гъвкава работа описано (Фигура 5.20).

Възможните седем положения за управление спрямо възникналата ситуация (отпадане на управляващо въздействие, липса на данни за управляващите величини) са разгледани подробно в глава 4. Избраните схеми (виж глава 4) за управление в зависимост от определената ситуации могат да се опишат в съпътстващата CBR онтология в следният вид, представен на Фигура 5.21.



Фигура 5.20. CBR-A-O Архитектура

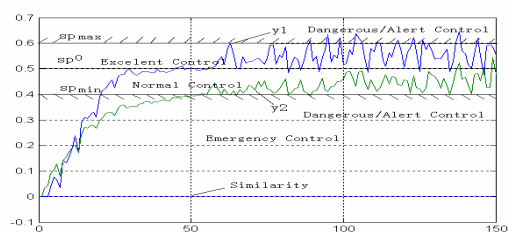


Фигура 5.21. Съпоставяне на онтологичната структура със структурата на прецедентите

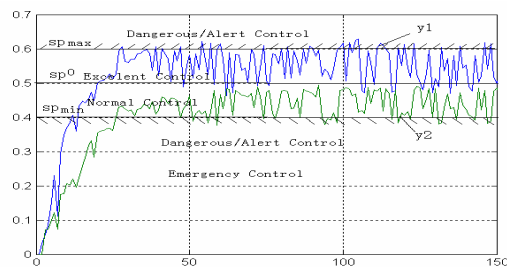
Използването на мравешката оптимизация (ACO) и областната онтология, като методология за оптимално управление на сложни технологични процеси, описвани от обект за управление с правоъгълна “дебела” матрица на управление. Реакцията на системата на такъв вид система е показана на Фигура 5.23.

На Фигура 5.25 е показана реакцията на системата при преход от нормален режим на работа към опасно/алармено такова (описано в глава 4). В разглежданата симулация системата за хибридно управление не използва CBR и нивото на подобие на получените прецеденти за наличния случай е нулева – няма данни за подобни прецеденти, но както е показано системата остава устойчива. Наличието на “пикове”,

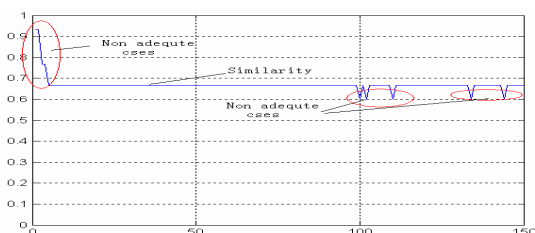
изобразени на Фигура 5.26, са породени от лошо определени прецеденти, може да доведе системата за управление до опасно/алармено ниво.



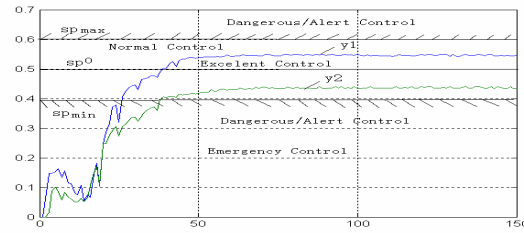
Фигура 5.23. Мулиагентно управление (без CBR)



Фигура 5.24. Резултати от управлението на CBR-A-O



Фигура 5.25. "Пикове" при липса на прецеденти или лошо определени такива



Фигура 5.26. Подобрение на управлението в областите на "пикове"

5.5. Обобщение и изводи

Разработени са механизми за обединение на знанието, посредством неговото размиване, което прави подходящо приложението на онтологични системи при децентрализирани системи за управление. Размиването на знанието в онтологиите е подходящо също и в случаите на ситуационно управление, супервайзорно управление, както и при работа на системи при аварийни ситуации с цел предотвратяване на такива.

VI. Приложение на хибридни системи при различни процеси и обекти

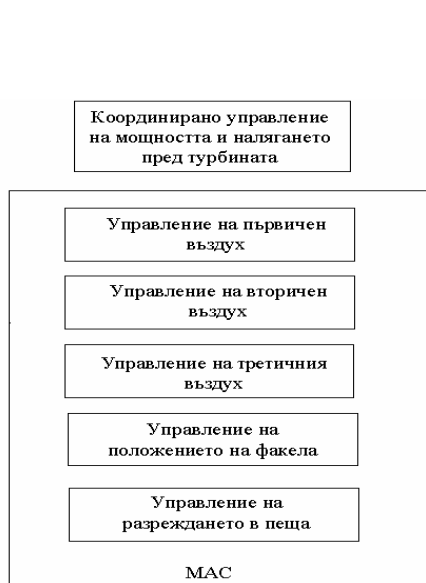
6.1. Приложение за топлоенергийни обекти и системи

Концептуалната рамка за MAC за управление на горивния процес е показана на Фигура 6.1.

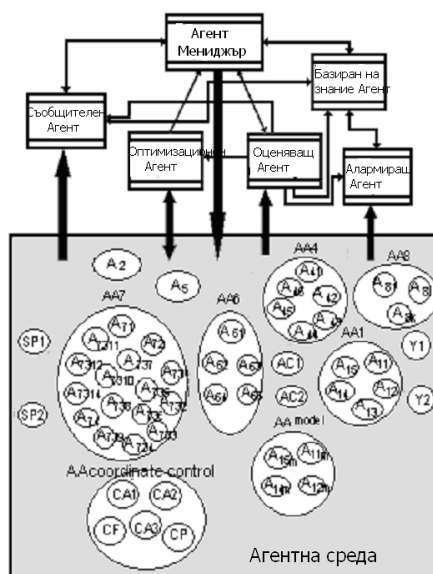
Управлението е осъществено от няколко агентни асоциации и автономни агенти, както е показано на Фигура 6.2. Агентите и асоциациите от агенти, включени в системата са:

- **AA₁**: Асоциация от агенти, реализиращи обекта на управление.
- **AA_{model}**: Асоциация от агенти, определящи модела обекта на управление.
- **A₂**: Агент за анализ на ситуацията (SA).
- **A₃**: Агент за Performance Assessment (PA).
- **AA₄**: Асоциация от агенти, реализиращи обектни функции, характеризирани качеството на управление (OF).
- **A₅**: Агент за определяне на смущението.
- **AA₆**: Асоциация от оптимизационни агенти.
- **AA₇**: Асоциация от агенти, реализиращи управляващи схеми на управление.
- **AA₈**: Асоциация от агенти, формиращи ограниченията на системата.
- **SP1** и **SP2**: задаващи агенти.

- **AC1 и AC2:** агенти подаващи управлението.
- **AA_{coordinate_control}** – асоциация, включваща следните агенти: за управление на първичния въздух (CA1), за управление на вторичния въздух (CA2), за управление на третичния въздух (CA3), агент за управление на положението на факела (CF), и агент за управление на разреждането в пещта (CP).
- **Глобален Оптимизационен Агент (Global Optimization Agent):** агент, който взема решения за необходими системни действия при специални ситуации, определя необходимите операционни условия, променя системни приоритети.
- **Агенти Базиранна на Знание (Knowledge Bases Agents):** съдържат база от знания за агентните поведения, препоръки за системните действия при специални ситуации (аларми и предупреждения).
- **Съобщителни Агенти (Messages Agents):** следят за настъпване на специфични събития и ситуации в агентната система.
- **Алармиращи Агенти (Alarms Agents):** следят за поява на алармиращи съобщения в MAC, дължащи се на неработещи алгоритми, неизпратена и неполучена информация, възможна системна неустойчивост и др.
- **Агенти за Мениджмънт (Manager Agent):** има главни управляващи функции в MAC.



Фигура 6.1. Архитектура за управление на горивен процес



Фигура 6.2. MAC за управление на горивния процес

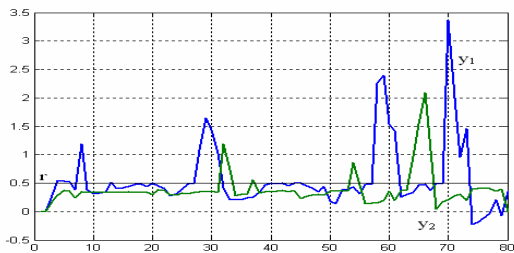
6.2. Приложение при системи за отопление вентилация и климатизация (HVAC)

Структурата на HVAC системата е показана на Фигура 6.12.

Оптимизацията на жизнения цикъл на HVAC системата може да се определи като: устойчива оптимизация на HVAC с (i) оптимизация на HVAC термодинамичен цикъл, (ii) реконфигурация (ако е необходима) на HVAC технологичната структура; динамична оптимизация на поведението на системата за управление е на етап, следващ етапа на оптимизацията на коефициента на комфорт (PMV).



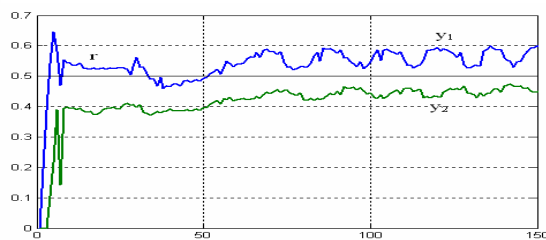
Фигура 6.12. HVAC Контролна стратегия



Фигура 6.22. HVAC контрол с ДО



Фигура 6.21. HVAC контрол с MAC



Фигура 6.23. HVAC хибриден контрол MAS/DO

Съвместната работа на мравките (агентите) и средата (онтологите) осигурява стабилно управление, при степен на разпределение на функциите между агенти и онтологии $MAS_{onto} \geq 0.35$. Както е видимо от Фигура 6.21, времето за стабилизиране на управлението на HVAC е голямо, заради необходимото време за промяна на състоянието на системата и обновяване на средата.

Използването на динамична онтология директно за формиране на управляващо въздействие, прави HVAC системата нестабилна (Фигура 6.22). Това е вследствие на липса на обновяване на знанието в системата и липса на информация обратно към агентите в системата, което по принцип се постига с използването на механизма на стигмергията, използван от “мравешките” общества, като симулативно полученият резултат е представен на Фигура 6.23.

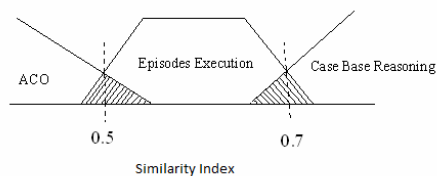
6.3. Многоагентна система за супервайзорно управление на биобасейн на Пречиствателни Системи за Отпадни Води (ПСОВ)

В съответствие с възприетия принцип на функционално-технологична архитектура на MAC за супервайзорно управление на ПСОВ, е разработена функционално пълна система за управление на биобасейн, като най-съществена и сложна част от ПСОВ. Разгледана е опростена структура на биореактор, описващ адекватно и с достатъчна точност процесите в биобасейна.

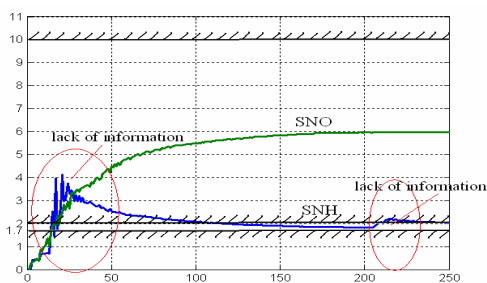
Основното количество отпадъчни води се генерират в резултат на ежедневните дейности, свързани с бита и работата на жителите, живеещи в района на конкретната пречиствателна система.



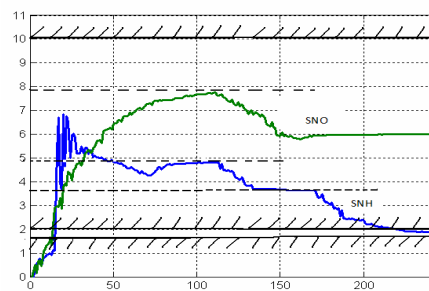
Фигура.6.27. Области на качеството на управление



Фигура.6.28. Избор на начин на управление според индекса на подобие



Фигура.6.32. Основаващо се на CBR управление



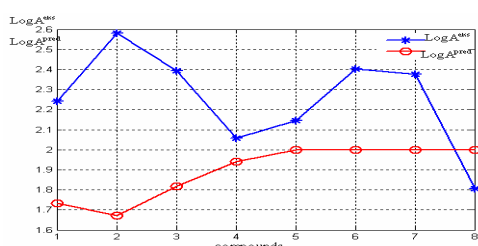
Фигура.6.33. Управление на ТИТО структура на обекта при промяна на заданията

Обектът за управление преминава в структура за управление от типа SITO – 2 (един вход с два изхода, като наличният сигнал е по канала SNO). Алгоритъмът на управление, включващ АСО, довежда системата до устойчиво поведение, но изходът SNH излиза извън зададените му граници (Фиг.6.31.), което води до големи загуби от наложени глоби при съответното ниво на замърсяване на отпадъчните води.

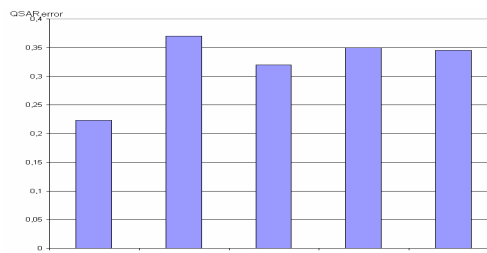
6.4. Приложение на агентните системи в системи за моделиране на биологичната активност на лекарствени съединения

- В настоящата работа се разглежда агентна система, предназначена за определяне на QSAR, която дава възможност за съставяне на предсказващ модел на биологичната активност на пиролови производни и техните молекулни дескриптори. Лекарствен Агент – съдържа изисквания към дизайна на лекарствата и стойностите на биологичната активност. Сериите трябва да имат активност около 100% ($\text{Log } A = 2,00$). При някои съединения трябва да се спазват изискванията, определени за лекарствени противовъзпалителни средства, които са се доказали в терапевтичната практика. Такива например са: Индометацина, където активността трябва да е по-висока от 54.5% ($\text{Log } A > 1.74$); Целекоксиб, да са близки до $\sigma = -0.17$, $\text{Log } P = 3.68$, и активност около 68% ($\text{Log } A = 1.83$), като се предполага, че σ и $\text{Log } P$ са най-добри в техният диапазон. Агентът размива входовете на системата (електронната константа на Хамет σ и

хидрофобният параметър LogP), като определя съответните функции на принадлежност $\mu(\sigma)$ (Фигура 6.36), и $\mu(\text{LogP})$ (Фигура 6.37). Въз основа на приетите размити правила (Фигура 6.38) и съответно тяхната степен на изпълнение, агента определя съставната функция на принадлежност на изхода на системата (биологичната активност - $\mu(\text{LogA})$ (Фигура 6.39)), която впоследствие се де-размива $\mu(\text{LogA})$ и се изчислява $\text{LogA}^{\text{fuzzy}}$.



Фигура 6.51. QSAR с предсказващ модел използващ ACO в QSAR MAS



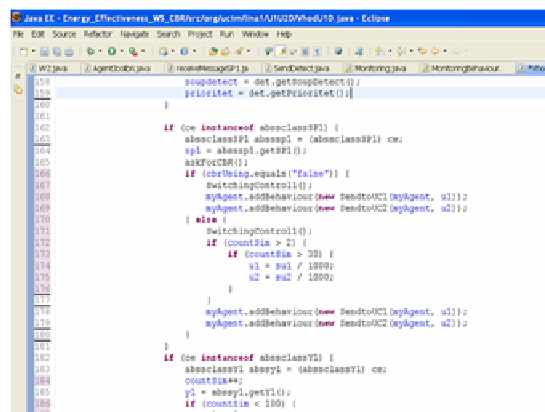
Фигура 6.52. Стойност на грешките между модела и действителната активност

6.5. Обобщения и изводи

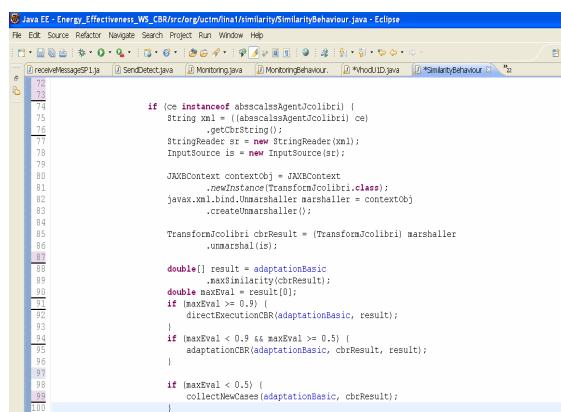
Представените приложения, са само опит да покажат възможностите за използване на хибридни агентно – базирани системи за управление на сложни технологични обекти (така и в други системи), като не обхващат голяма част от тяхното приложение в дадени области.

VII. Фрагменти от разработеният софтуер

На фигура 1.1.6 е показан фрагмент от кода на агентите определящи качеството на работа на съответната система за управление в зависимост от наложените и ограничения. Този вид агенти използват принципа на ACO за определяне на “добро” или “лошо” управление на системата.



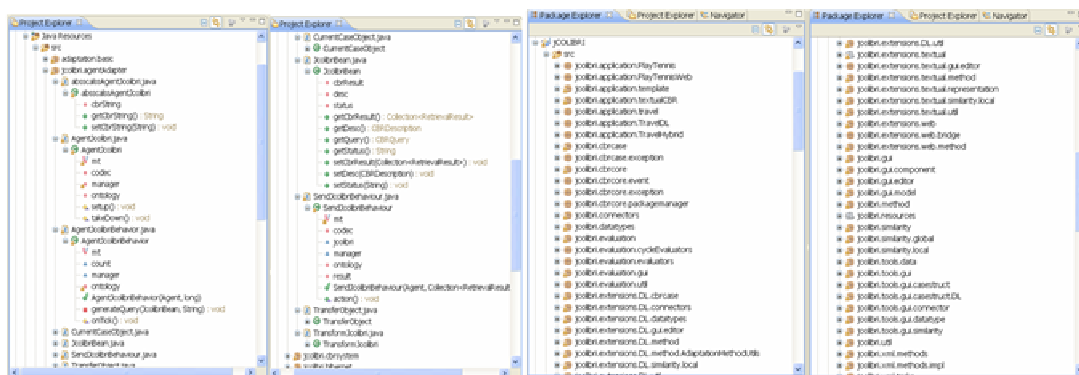
Фигура 1.1.4. Част от софтуера реализиращ агента за вземане на решения



Фигура 1.1.5. Част от софтуера реализиращ агента за определяне на подобност и адаптация на прецеденти

Разработените хибридни агентно – базирани системи за управление на сложни технологични обекти имат общ софтуерен пакетно базиран вид представен на Фигура

3.3.3. Част от агентите са специализирани за работа със средата за прецеденти, като са обединени в общи пакети (виж приложение 1) започващи с името jcolibri. Тези пакети съдържат основните класове за търсене на подобност между прецедентите, тяхната адаптация или подменяне с нови такива. Аналогично на Фигура 3.3.9 и Фигура 3.3.10 са представени класовете описващи текущо възникналият проблем в системата за управление.



Фигура 3.3.4 Структура на разработеният агент за връзка със системата за прецеденти

Фигура 3.3.5 Структура на средата за работа с прецеденти jColibri

Научни и научно-приложни приноси в дисертационния труд

Разработени са нови структури и подходи за управление на сложни технологични процеси включващи използването на хибридни структури базирани на използването на агенти и знание. Направенно е изследване на възможностите за преразпределение на функциите между различни интелигентни единици с цел постигане на ефективна работа на системите за управление.

Изследвани са различни методологии за управление използващи интелигентни подходи за управление базирани на комбинирането на съвременните тенденции за управление – използване на предсказващи модели, невронни мрежи, алгоритми за оптимизация и реконфигурация, нови методики за децентрализирано управление (базирано на уеб сървиси на базата на агенти).

Предложени са начини и методики за следене на информацията при системи работещи в променлива среда.

Разработени са схеми за реконфигурационно управление като са изследвани техните предимства и недостатъци за работа при различни структури на управление.

Предложени са хибридни структури за супервайзорно управление на системи с променлива структура от типа обекти с не квадратна матрица.

Разработени са методи за диагностика базирани на използването на знание, опит от предходни ситуации (прецеденти).

Изложени са начините за хибридикация, размиване на знанието и оптимизация при различни системи за управление (енергийни, екологични, системи за отопление и вентилация).

Демонстрирани са различни подходи за интелигентно управление, мониторинг и диагностика включващи различни алгоритми използващи агенти, “мравешка оптимизация” и системи за работа със знание.

Показани са начини за хибридикация на различни структури основаващи се на използването на знание, разработени са методологии за подновяване на знанието при системи работещи в променлива среда.

Разработени са алгоритми за диагностика и работа при аварийни и ситуации.

Предложен е начин за управление на системи с променяща се структура базиран на използване на агентни системи, системи базирани на знание и прецеденти.

Като цяло разработеният труд демонстрира възможностите за приложение на различни интелигентни методологии за управление с цел постигане на оптимална работа на системи с променлива структура (обекти за управление с не квадратна матрица), както и приложението им при аварийни ситуации. Разгледан е начина на изграждане на хибридни системи за диагностика и управление.

Изложени са различни приложения на разработените системи за хибридно агентно управление, такива като: енергийна ефективност, системи за отопление и вентилация, системи за пречистване на отпадни води, както и възможност за тяхното приложение в различни области – в частност приложение в областта на лекарствения дизайн.

От приложените публикации по дисертацията са цитирани 10 от тях, като някои от тях са били определени, като добри в съответната област.

Публикации по дисертацията

- [Л1] Боишина В., *Интеграция на мултиагентни системи и уеб сървиси в смарт грид системи*, “Автоматика и Информатика”, бр. 3, стр. 16-21, Декември, 2011.
- [Л2] Бошнаков К., В Боишина, М. Хаджийски, *Многоагентно отказоустойчиво супервайзорно управление на пречиствателни станции за отпадъчни води*, Международна конференция “Автоматика и Информатика’11”, стр. 129-133, 03-07 Октомври, 2011, София.
- [Л3] Hadjiski M. and V. Boishina, *Hybrid Supervisory Control of Complex Systems Incorporating Case Reasoning*, COSY 2011, pp: 179-186, 16–19 September, 2011, Macedonia, Ohrid.
- [Л4] Hadjiski M., V. Sgurev and V. Boishina, *Intelligent Control of Uncertain Complex Systems by Adaptation of Fuzzy Ontology*, V. Sgurev, M. Hadjiski, J. Kacprzyk (Eds): *Intelligent Systems: From Theory to Practice*, SCI 299, pp: 19–40, Springer – Verlag, 2009.
- [Л5] Hadjiski M. and V. Boishina, *Enhancing Functionality of Complex Plant Hybrid Control System Using Case-Based Reasoning.*, Proceedings of 5-th International Conference of “Intelligent Systems”, IS'2010, pp: 25-30, 7-9 July 2010, London, UK.
- [Л6] Хаджийски М. и В. Боишина, *Процесна диагностика в системата за супервайзорно управление на енергоблокове котел-турбина*, Международен симпозиум “Управление на топленингов обекти и системи”, стр. 7–10, 6-7 Ноември, 2009, Паничище, България.
- [Л7] Hadjiski M. and V. Boishina, *Adaptive Multiagent – Ontology System For SITO Plant Control*, Proceedings Of International Conference of “Adaptive and Intelligent Systems’09”, pp: 15–20, 24–26 September, 2009, Klagenfurt, Austria 2009.
- [Л8] Хаджийски М. и В. Боишина, *Робастна Мулти – агентно онтологична система за управление на SITO обекти при наличие на неопределеност*, Международна конференция “Автоматика и Информатика’09”, стр. 153–156, 29 Септември – 4 октомври, София, 2009.
- [Л9] Хаджийски М. и В. Боишина, *Невронно -размита мулти-агентна система за управление на топлинен обект*, Международен симпозиум “Управление на топленингов обекти и системи”, стр. 23–26, 14–15 Ноември, 2008, Стара Загора, България.

- [Л110] Хаджийски М. и В. Боишина, *Размита Агентно-Онтологична Система за Моделно Предсказващо управление на енергиен блок при параметрични промени на обекта и големи нестационарни смущения*, Международна конференция “Автоматика и Информатика’08”, стр. 7–10, 01–04 Октомври, 2008, София.
- [Л111] Hadjiski M., V. Sgurev and V. Boishina, *Adaptation of Fuzzy Ontology for Cascade Multi-Agent System.*, Proceedings of the 4-d IEEE Conference on Intelligent Systems IS’08, pp: 59-64, 06–08 September, 2008, Varna.
- [Л112] Hadjiski M. and V. Boishina, *Functions Selection and Distribution in Hybrid Computational-Agent-Ontology Control System*, Proceedings of SOLON – Sofia Lectures of Ontology, BAS, pp: 99–115, October, 2008, Bulgaria.
- [Л113] Хаджийски М. и В. Боишина, *Агентно – онтологично нелинейно моделно предсказващо управление на топлинни обекти*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, 02–03 Ноември, 2007, Стара Загора, България.
- [Л114] Hadjiski M., V. Boishina, *Dynamic ontology – based approach for HVAC control via Ant colony optimization*, DECOM, pp: 401–406, 17–20 May, 2007, Turkey.
- [Л115] Hadjiski M., V. Sgurev and V. Boishina, *HVAC Control via Hybrid Intelligent Systems*, “Cybernetics and Information Technologies”, BAS, pp: 77 – 94, 2007, Sofia.
- [Л116] Боишина В. и П. Енев, *Агентно-базиран On-line софтсенсинг на недоизгорял въглерод в отнесеното*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, стр. 41-44, 26–27 Октомври, 2006, Бобов Дол, България.
- [Л117] Хаджийски М., В. Сгурев и В. Боишина, *Оптимизация на разпределението на функциите между агенти и онтологии в MAC за управление на горивен процес*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, стр.35-40, 26 – 27 Октомври, 2006, Бобов Дол, България.
- [Л118] Боишина В., В. Иванова, *Предсказващи модели определени чрез QSAR мултиагентна система*, Международна конференция “Автоматика и информатика’06”, стр. 287-290, 3 – 6 Октомври, 2006, София, България.
- [Л119] Hadjiski M., V. Sgurev and V. Boishina, *Multi Agent intelligent Control of Centralized HVAC Systems*, IFAC WS Energy Saving Control on Plants and Buildings, pp: 195-200, 03 – 05 October, 2006, Bansko, Bulgaria.

- [Л20] Hadjiski M., V. Sgurev and V. Boishina, *Intelligent Agents Based Non-Square Plants Control*, 3rd Inter. IEEE Conference Intelligent Systems, pp: 414-419, September, 2006, London, England.
- [Л21] Hadjiski M. and V. Boishina, *Agent Based Control System for SITO Plant Using Stigmergy*, International conference “Automatics and Informatics’05”, pp: 235-238, 03–05 October, 2005, Sofia, Bulgaria.
- [Л22] Боишина В., З. Георгиев, *Агентно базиран бенчмаркинг за топлинни обекти*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, стр. 65-68, 03–04 Ноември, 2005, Бобов Дол, България.
- [Л23] Боишина В., *Агентно базирана система за управление на обекти с един вход и два изхода*, Трета национална младежка научно-практическа сесия 2005, СЕМИ, Сборник доклади, стр. 5 – 10, 04 – 05 Май, 2005, София, България.
- [Л24] Боишина В., *Статична и динамична точност на обекти с повече изходи от управляващи въздействия*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, стр. 53-56, 05 – 06 Ноември, 2004, Бобов Дол, България.
- [Л25] Хаджийски М. и В. Боишина, *Компромисно управление на ефективността и газовите емисии на енергийни парогенератори*, Международен симпозиум “Управление на топлениергийни обекти и системи”, стр. 1-6, 30–31 Октомври, 2003, Бобов Дол.