

высокая точность в установившихся режимах при изменении возмущающего воздействия по детерминированным законам, и не предъявляются жесткие требования к быстродействию и среднеквадратическим ошибкам при случайных возмущающих воздействиях.

Литература

1. Анализ динамических характеристик статической системы частотной автоподстройки с принципом управления по отклонению / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Н.В. Градобоева // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, №2. – С.10-17..
2. Комбинированная система ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием. Функциональная схема и математическая модель системы. / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, Гниденко О.Н., Т.В.Бурсова // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. –Т.10, №3. – С.25-28.
3. Синтез связи по возмущающему воздействию комбинированной системы ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Т.В. Бурсова // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2012. – №2(22). – С.10-15.
4. Показатели качества комбинированной системы ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, Гниденко О.Н., Н.В.Градобоева // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. –2012. – Т10, №4. – С.9-13 .
5. Моделирование статической системы ЧАП с принципом управления по отклонению и комбинированной системы ЧАП с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием. / Г.Ф. Зайцев, В.Л. Булгач, О.Н. Гниденко, Н.В.Градобоева // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2012. – №4(24). – С.58-65
6. Зайцев Г.Ф. Радиотехнические системы автоматического управления высокой точности. / Г.Ф.Зайцев, В.К.Степков. – К.: Техніка, 1988. – 160 с.
7. Зайцев Г.Ф.. Синтез следящих систем высокой точности / Г.Ф. Зайцев. – К.: Техніка, 1971. – 204 с.
8. Минимизация среднеквадратических ошибок и квадратических интегральных оценок следящей системы с помощью разомкнутых и дифференциальных связей / Г.Ф. Зайцев, В.Г. Кривуца, В.Л. Булгач, Г.Д. Радзивилов. – К.: ДУІКТ, 2006. – 186 с.
9. Радиоавтоматика. Т.1 / Г.Ф. Зайцев, Г.Н.Арсеньев, В.Г. Кривуца, В.Л. Булгач. – К.: ООО «Д.В.К.», 2004. –Т.1, 524с. – Т.2, 476 с.
10. Макаров И.М. Линейные автоматические системы. / И.М.Макаров, Б.М.Менский.– М. Машиностроение. 1982.–505 с.

УДК 621.396.2; 621.394.6

Касьян С. П. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Касьян С.П. Підходи до оптимізації складних систем. У статті розглядається методика оптимізації складних систем шляхом пошуку точки ітерації параметру підсистем декомпонованої складної системи.

Ключові слова: ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ДЕКОМПОЗИЦІЯ, КРИТЕРІЙ ОПТИМАЛЬНОСТІ, СКАЛЯРИЗАЦІЯ

Касьян С.П. Подходы к оптимизации сложных систем. В статье рассматривается методика оптимизации сложных систем путем поиска точки итерации параметра подсистем декомпонованной сложной системы.

Ключевые слова: ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ДЕКОМПОЗИЦИЯ, КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ, СКАЛЯРИЗАЦИЯ

Kasian S.P. Approaches to the optimization of complex systems. In the article the technique of optimization of complex systems by finding the iteration point parameter subsystems projected complex system after decomposition.

Keywords: INFOCOMMUNICATION NETWORK, CONTROL SYSTEM, OPTIMIZATION, DECOMPOSITION, OPTIMALITY CRITERION, SCALARIZATION

Вступ. Складна система – об'єкт, що складається із елементів, частини яких, можна розглядати як системи, що закономірно об'єднані в єдине ціле відповідно до визначених принципів або пов'язані між собою заданими зв'язками [1]. Сучасна інфокомунікаційна мережа має складну структуру і велику кількість компонентів та функціональних зв'язків, отже, за своїм змістом є складною системою. Для взаємодії розподілених компонентів управління в єдиній мережі, а також для реалізації нею функцій управління створюється система по якій передається інформація управління [2]. Сучасні інженерні продукти стають все більш складними, зокрема, у таких галузях, як інфокомунікаційні технології. Оптимізація складних систем є унікальною проблемою, незважаючи на те, що численні формальні методики для оптимізації складних систем уже розроблені.

Підходи до аналізу складних систем. Система управління інфокомунікаційної мережі є система з великою кількістю взаємодіючих елементів, що у процесі функціонування надають їй певних ознак, які притаманні лише для цієї системи. Під час проектування систем необхідно оцінити відповідність системи вимогам, які висувуються до неї. Таку оцінку можна провести за допомогою математичних моделей, емпіричних результатів, комп'ютерного моделювання, враховуючи досвід та інтуїцію експертів.

Часто аналіз складних систем, у цілому є неефективним, або взагалі неможливий. Такі системи краще аналізувати шляхом поділу (декомпозиції) її на простіші підсистеми. Таким чином провівши аналіз підсистем окремо і дослідивши їх зв'язки можна більш ефективно спроектувати систему у цілому. Для аналізу системи шляхом декомпозиції використовують декілька підходів. Вибір їх залежить від складу системи та аналізу навколишнього середовища. В [3] виділено чотири категорії методів декомпозиції: за об'єктом, за аспектом, послідовний і матричний.

У зв'язку з тим, що система управління інфокомунікаційними мережами є ієрархічною структурою [2], для аналізу її з метою оптимізації декомпозицію доцільно проводити за схемою, що наведена на рис. 1. У такій системі взаємодія між підсистемами визначає стан підсистем і впливає на всю систему, стан самої системи залежить від змін в інших підсистемах. Тому для такої структури найбільш доцільний варіант оптимізації є послідовна декомпозиція.

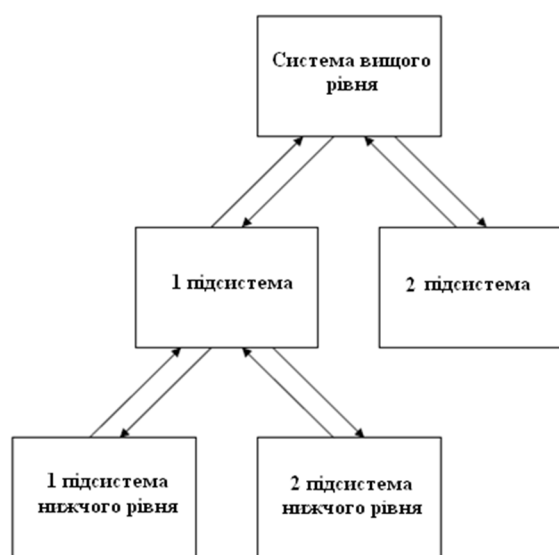


Рис. 1. Ієрархічна модель складної системи

Проектування складних систем є складний процес і складається з двох основних етапів: *обґрунтування* вихідних даних для проектування; *проективання* системи при формуванні вихідних даних.

Вихідні дані для сучасної системи управління інфокомунікаційної мережі обґрунтовуються всебічним розглядом умов і вимог. Такими вихідними даними можуть бути показники, що характеризують імовірність помилки, кількість вузлів зв'язку, затримка інформації, що передається, вартість системи та інші. За реакцією системи на зміну значень згаданих показників можна робити висновки щодо впливу їх на систему в цілому, а отже і висновок про те, які із цих параметрів є показниками якості. Отже система (варіант побудови системи), що задовольняє сукупність вихідних даних буде допустимою. У більшості випадків таких допустимих

систем може бути декілька. З усіх допустимих систем найкращою може вважатися та система, яка має найкраще значення показника якості.

Отже для вибору оптимальної системи має бути попередньо обраний критерій оптимальності, тобто правило, за яким одне значення критерію вважається кращим від іншого його значення [4]. Виходячи з тенденцій розвитку інфокомунікаційних мереж, їх можна охарактеризувати, як складні системи з великою кількістю різнотипового обладнання та програмного забезпечення і послуг для користувачів, що будуть впливати на стан системи. При проектуванні таких складних систем з метою забезпечення ефективності їх функціонування необхідно здійснювати векторний синтез на основі вектора показників якості тобто проводити багатокритеріальну оптимізацію.

Багатокритеріальна оптимізація. Часто для проектування системи вибирається кілька показників, як критеріїв якості. Але зустрічаються випадки, коли при синтезі системи обрані показники суперечать один одному. Наприклад, для забезпечення ефективності функціонування інфокомунікаційної мережі система управління має забезпечити швидкість передачі даних, мінімізувати втрати і забезпечити обмін інформацією в реальному масштабі часу при цьому врахувати такий показник, як економічність системи у цілому, очевидно, що показник економії суперечить основним вимогам до системи.

Завдання багатокритеріальної оптимізації постійно зустрічаються в системах оптимізації, так як для кожної підсистеми доцільно мати свою власну цільову функцію. Під час проектування системи управління інфокомунікаційними мережами мають одночасно урахуватися і *швидкість* обміну інформації, і *ширина* смуги пропускання, і *мінімізація* помилок передачі даних, і *вартість* системи у цілому та інше.

Тому при багатокритеріальній оптимізації постає питання, як врахувати кілька цільових функцій. Тобто питання можна звести до пошуку мінімуму вектор функції.

Самим ідеальним рішенням є пошук майстер функції, яка врахує усі цільові функції, як вхідні показники, а вихідним значенням її будуть характеристики самої системи управління.

Наприклад, майстер функція може обчислити очікувану вартість побудови системи управління інфокомунікаційної мережі майбутнього, або, можливо, оптимальну ширину смуги пропускання системи, але, нажаль, не завжди, вдається знайти повну і точну майстер функцію. Майстер функцію можна створити за допомогою лінійної комбінації цільових функцій шляхом масштабування всіх цільових функцій з урахування їх відносної важливості, вводячи приведені вагові показники.

Альтернативою скаляризації цільової функції є вибір одного показника, що завчасно визначається, як найбільш важливий та встановивши обмеження. У будь-якому випадку скаляризація цільової функції, або обмеження її параметрів, вагових коефіцієнтів з метою отримання оптимального стану системи можуть бути змінені. Пошук оптимальної системи зводиться до пошуку оптимальної точки без втрати значення цільової функції. Рис. 2 ілюструє цю ідею з двома цільовими функціями. Обидві цільові функції f_1 і f_2 повинні бути зведені до мінімуму. У верхній частині зліва найкраще значення f_1 , а в правому нижньому куту найкраще значення f_2 . Перетин цих найкращих значень буде відповідати ідеальній системі, що проектується, але реально ідеальну систему отримати не можливо. Крива на цьому графіку показує можливі значення

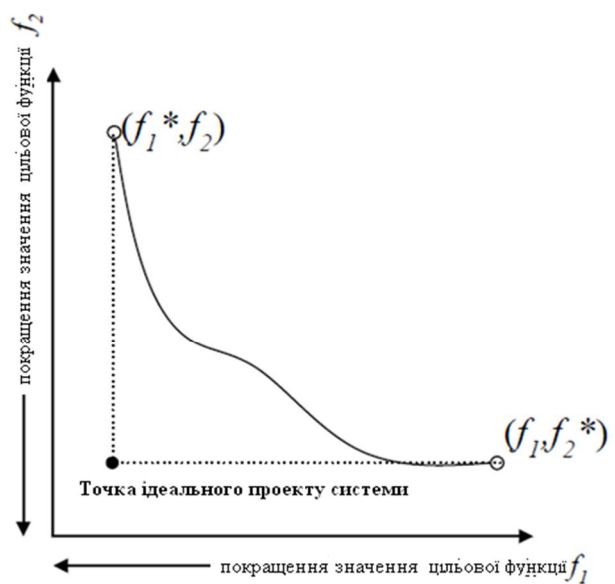


Рис. 2. Залежність стану системи від значень цільових функцій

функцій, які відповідають системі, що проектується. Крива показує, що будь-яка точка графіку буде відповідати системі, що спроектована за рахунок покращення однієї цільової функції і погіршення значень іншої.

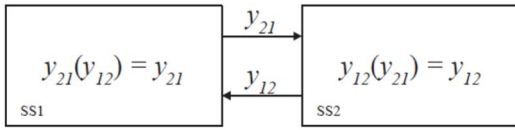


Рис. 3. Двовимірна взаємозв'язана система

Алгоритм ітерацій. Проста взаємозв'язана система з двома підсистемами зображена на рис 3. Змінна зв'язку y_{21} залежить від змінної y_{12} . Отже y_{12} є незалежною змінною зв'язку, але в залежності від того, яка підсистема розглядається, ролі змінних можуть помінятися. Така система має зворотній зв'язок, так як залежить від значень y_{21} та y_{12} і навпаки.

Якщо один із зв'язків відсутній, скажімо, y_{12} , то система матиме тільки прямим зв'язок і аналіз можна виконати з однієї спроби подавши сигнал з підсистеми SS1 на підсистему SS2. Водночас, коли зворотний зв'язок існує, аналіз стає складнішим.

Якщо фіксується точка ітерації відносно початкового припущення, що встановлене для вхідної підсистеми то такий аналіз системи проводиться у першу чергу. У прикладі зображеному на рис. 3 припущення можуть бути зроблені для y_{12} , на підставі чого оцінюється підсистема SS1, шляхом аналізу значення y_{21} . Це значення потім використовується в оцінці підсистеми SS2 отримуючи оновлене значення y_{12} . Цей підхід неможливо застосувати у випадку початкового встановлення одного із значень змінних зв'язку, встановлення так званої фіксованої точки. Отримані значення y_{12} потім можуть бути використані в якості оновленого припущення для входу на SS1. Якщо система відповідає певним критеріям, вона буде сходиться у фіксовану точку.

Приклад виконання алгоритму ітерації для двовимірної системи: Крок 0) Вибір початкового значення y_{12}^0 , при $i=0$. Крок 1) $i=i+1$. Крок 2) $y_{21}^i = y_{21}(y_{12}^{i-1})$. Крок 3) $y_{12}^i = y_{12}(y_{21}^i)$. Крок 4) *if* $|y_{12}^i - y_{12}^{i-1}| < \epsilon$? *stop, otherwise go to* Крок 1.

Надрядковий індекс i вказує номер ітерації, а ϵ – максимальну невідповідність, що допускається між підсистемами. На Кроці 3) використовується останнє оновлення вхідного значення y_{12}^i . Якщо значення $|y_{12}^i - y_{12}^{i-1}|$ менше ϵ , то оптимізація системи вважається виконаною. Іншими словами, вихідні значення змінних дорівнюють припущенню. Точка, яка задовольняє цій умові називається нерухомою точкою y_n , тому що подальші ітерації не будуть змінювати місцеположення точки.

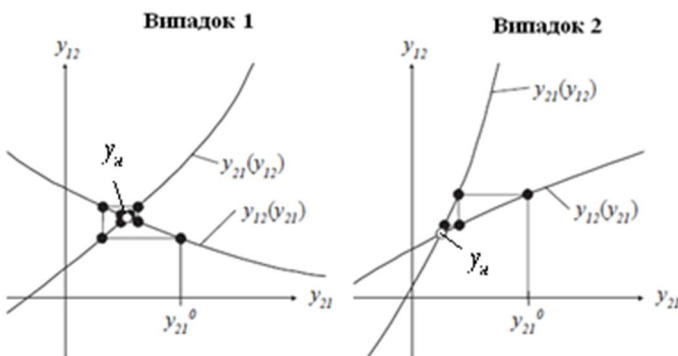


Рис. 4. Коливальні і монотонні збіжності нерухомої точки

Рис. 4 наочно показує поведінку збіжності фіксованої точки. Випадок 1 показує, коливальні збіжності, і випадок 2 показує, монотонну збіжність. Початкове припущення y_{12}^0 , проміжні пункти вказані темними позначками, нерухома точка вказана білими позначками. Порядок обчислення функції та функції похідних впливають як на швидкість зближення так і на можливість конвергенції. Загалом фіксована точка збіжності лінійна. В деяких випадках конвергенція може бути квадратичною,

наприклад, коли $y_{12}(y_{21})$ має нахил (по відношенню до y_{21}) близький до нуля.

У двох прикладах, наведених на рис. 4, видно, що відповідно до рівняння (1) значення функцій y_{12} та y_{21} тримаються в околиці фіксованої точки y_n . Але можуть бути випадки коли ця умова не виконується.

$$\left| \frac{\partial y_{21}(y_{21})}{\partial y_{21}} \right| > \left| \frac{\partial y_{12}(y_{21})}{\partial y_{21}} \right| \Leftrightarrow \left| \frac{\partial y_{12}(y_{12})}{\partial y_{12}} \right| > \left| \frac{\partial y_{21}(y_{12})}{\partial y_{12}} \right| \quad (1)$$

Рис. 5 ілюструє один такий випадок, коли рівняння (1) не виконується, фіксована точка існує, але алгоритм пошуку не дає можливість знайти її.

Якщо значення рівняння (1) тримаються в околиці фіксованої точки y_n , то ітерація фіксованої точки буде сходиться, і y_n буде прийнятною фіксованою точкою. Якщо відношення з (1) рівні, то існують дві можливості. По-перше, функції паралельні і нерухома точка існує. У цьому випадку ітерація фіксованої точки прямує до нескінченності. По-друге, функції ортогональні і орієнтовані так, що ітерація фіксованої точки буде коливатися нескінченно через безліч точок, тобто система має коливальну дивергенцію.

Деякі системи мають декілька фіксованих точок, і ітерація їх, неможлива. Справа в ітерації нерухомої точки, насправді, нерухома точка сходиться в залежності від розташування початкового наближення (початкової точки). Приклад системи з декількома фіксованими точками наведений на рис. 6.

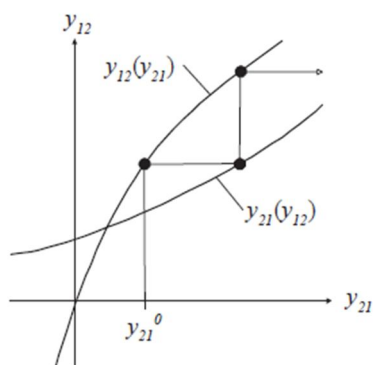


Рис. 5. Різні поведінки фіксованої точки

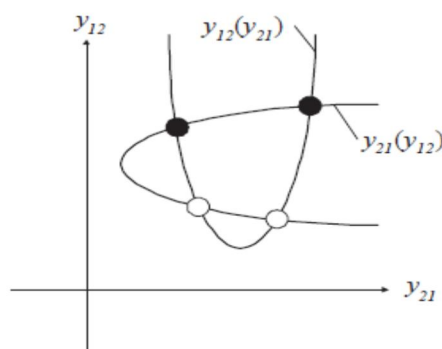


Рис. 6. Система з кількома фіксованими точками

Темні позначки показують прийнятні нерухомі точки, світлі позначки неприйнятні нерухомі точки. Якщо ітерація нерухомої точки ми використовуємо, як інструмент аналізу для оптимізації системи, вона ця нерухома точка ніколи не буде знайдена, якщо одна з неприйнятних нерухомих точок і є краще рішення. Наприклад, якщо мета вихідної задачі проекту мінімізувати $y_{12} + y_{21}$, то ліва нижня нерухома точка очевидно буде кращим рішенням. Тим не менш, ітерація нерухомої точки, не може знайти цю точку, і може дати результат, який вказує на одну з двох верхніх точок це і буде оптимальним рішенням.

Цей значний недолік дає додаткову мотивацію для застосування більш складних методик оптимізації.

Висновки. Методики оптимізації складних системи мають величезний потенціал для розроблення підходів щодо підвищення якості проектування систем та скорочення часу циклу проектування.

Математичні методи оптимізації параметрів складних систем і дискретного вибору самої архітектури доцільно застосовувати при синтезі системи управління інфокомунікаційної мережі майбутнього. Але при цьому необхідно враховувати, що застосування математичних методів для синтезу структури системи майбутнього мають певні труднощі, як математичного так і принципового характеру. Труднощі полягають у тому, що для синтезу оптимальної структури необхідно мати у своєму розпорядженні апріорні дані про характеристики усіх можливих факторів, що впливають на систему, у тому числі і спектр параметрів підсистем. Але при синтезі нової системи, як правило, розробникам невідомо, які саме параметри має набути система.

Література

1. Бусленко Н. П. К теории сложных систем / Н. П. Бусленко // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1963. – №5 – С.17-21.

2. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В.Г.Кривуца, Л.Н. Беркман, В.К. Стеклов та ін. – К.: Техніка, 2007. – 383 с.
3. Terrance C. A General Decomposition Methodology For Optimal System Design. – University of Michigan, 1993 – 147 с.
4. Стеклов В. К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку / В.К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2007. – 576 с.

УДК 004.7.052:004.414.2

Савченко А.С., к.т.н., докторант (Національний авіаційний університет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТЬЮ

Савченко А.С. Дослідження характеристик стійкості системи управління корпоративною мережею. У роботі представлені результати аналізу асимптотичної стійкості системи управління великою корпоративною мережею за наявності випадкових затримок доставки інформації. Процеси в таких системах адекватно описуються диференціальними рівняннями з аргументами, що відхиляються. Проведено аналіз стійкості по перехідним характеристикам і розташуванню полюсів системної функції на z-площині. Знайдено області стійкості системи при різних значеннях затримки інформаційного сигналу і коефіцієнта зворотного зв'язку.

Ключові слова: ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, СТІЙКІСТЬ, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

Савченко А.С. Исследование характеристик устойчивости системы управления корпоративной сетью. В работе представлены результаты анализа асимптотической устойчивости системы управления крупной корпоративной сетью при наличии случайных задержек доставки информации. Процессы в таких системах адекватно описываются дифференциальными уравнениями с отклоняющимися аргументами. Проведен анализ устойчивости по переходным характеристикам и расположению полюсов системной функции на z-плоскости. Найденны области устойчивости системы при различных значениях задержки информационного сигнала и коэффициента обратной связи.

Ключевые слова: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Savchenko A.S. Study of the characteristics of stability control system corporate network. The results of the analysis of the asymptotic stability of the management system of a large corporate network in the presence of random delays in delivery. Processes in such systems are adequately described by differential equations with deviating arguments. The stability of the transient characteristics and location of the poles of the system function in the z-plane. The ranges of stability of the system for different values of the delay data signal and the feedback factor.

Keywords: COMPUTER NETWORK, STABILITY, MANAGEMENT SYSTEM

Введение и постановка задачи. На сегодняшний день основной задачей крупных корпоративных вычислительных сетей является предоставления качественных услуг по распределенной обработке информации, которая в значительной степени определяется развитостью механизма управления сетью.

В работе [1] предложена модель системы управления корпоративной вычислительной сетью или ее автономным сегментом (АС) и концепции «оптимального администратора», основными задачами которой являются: мониторинг и прогноз состояния сети в реальном времени, выработка оптимальных управляющих воздействий и их реализация с последующим анализом эффективности. На начальном этапе работы системы управления строится модель на основе результатов анализа параметров и структуры АС. В процессе текущего функционирования АС выполняется сбор статистики, идентификация, строится прогноз его состояния. Данные прогноза вводятся в эталонную модель для текущей коррекции. В системе управления осуществляется поиск объектов в сети и сбор статистик для обучения эталонной модели сегмента. Далее выполняется мониторинг всех объектов и формируется прогноз работоспособности сети. Концепция «оптимального администратора» подразумевает использование параллельно с администратором сети, имеющим стандартную квалификацию и опыт работы, экспертной системы, которая служит и в качестве поддержки