

УДК 519.95

¹О.В. Веренич, ²Т.П. Подчасова¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ² Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

ІЄРАРХІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Проаналізовано перспективність ієрархічного підходу при реалізації сучасних інформаційних технологій управління навчальним процесом. Велику увагу приділено проблемам міжрівневої координації у ієрархічних структурах управління навчальним процесом.

Ключові слова: ієрархічний підхід, багаторівнева система, міжрівнева координація

Постановка проблеми

Складність сучасних систем управління навчальним процесом обумовлена рядом об'єктивних факторів, найголовнішими з яких є такі:

- складність об'єкта управління;
- значна доля задач, пов'язаних з прийняттям рішень шляхом вибору альтернатив;
- участь людини як функціональної ланки у системі управління навчальним процесом і, як наслідок, наявність значних об'ємів якісної експертної інформації, що носить суб'єктивний характер;
- формування управлінських рішень в умовах високого рівня невизначеності як статистичного характеру, так і невизначеності, що породжується нечіткістю сформованих цілей та обмежень;
- суттєвий вплив поряд з об'єктивними закономірностями суб'єктивних уявлень та емоцій людей на функціонування системи управління навчальним процесом.

Обмеженість часу на формування управлінських рішень і неможливість (у зв'язку з малою ефективністю громіздких управлінських структур) простого збільшення чисельності управлінського персоналу поглиблюють складність проблеми.

Однією із суттєвих відмінностей управління навчальним процесом, що впливає на ускладнення такого управління є той факт, що оцінка якості

ИЄРАРХИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Проанализирована перспективность иерархического подхода при реализации современных информационных технологий управления учебным процессом. Существенное внимание уделено проблемам межуровневой координации в иерархических структурах управления учебным процессом.

HIERARCHICAL INFORMATION TECHNOLOGY IN MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROCESS

Analyzed promising hierarchical approach in the implementation of modern information technology management educational process. Particular attention is paid to problems of coordination mizhrivnevoyi hierarchical management structures educational process.

управління та коригування навчальних планів, розподіл навантаження, формування розкладу занять можливі лише після завершення певного циклу навчання (семестру, навчального року тощо). Таке управління має назву асинхронного, на відміну від управління діями об'єкта у будь-який час, що має назву синхронного.

Отже, розробка та впровадження систем управління навчальним процесом на даному етапі вимагає, перш за все, удосконалення методології реалізації навчального процесу та широкого застосування сучасних інформаційних технологій.

Аналіз останніх джерел і публікацій

Накопичений досвід створення систем управління навчальним процесом показав, що у цій галузі маємо справу з необхідністю розробки багаторівневих систем управління, в процесі проектування яких виникає потреба у розв'язку надзвичайно складних (як правило, комбінаторних) задач великої розмірності і до того ж у досить обмежені інтервали часу.

Основні напрями комплексного застосування сучасних інформаційних технологій для ефективного досягнення кінцевих цілей управління навчальним процесом вимагають забезпечення доцільного рівня інформатизації, інтелектуалізації, інтеграції та персональної орієнтації електронно-обчислювальної техніки.

Інформатизація управління навчальним процесом складає базу для широкого застосування обчислювальної техніки з метою інформаційного

обслуговування користувачів на основі алгоритмізації процесів дослідження, проектування та управління, що забезпечує розширення можливостей персоналу за рахунок більш високої точності та повноти відображення управлінської ситуації, за рахунок постановки нових задач, своєчасності отримання даних, формування точних прогнозів, моделювання варіантів під час вибору рішення.

Інтелектуалізація управління навчальним процесом спрямована на розв'язок особливо складних задач, таких як класифікація, діагностика, проектування, планування та розпізнавання конфліктних ситуацій під час ефективної взаємодії з користувачем на мові близькій до буденної, на основі накопичення та систематизації знань, а також організації логічних висновків на базі штучного інтелекту.

Інформатизація та інтелектуалізація у сукупності забезпечують можливість інформаційного самообслуговування користувача, постановки ним нових задач, розвитку та адаптації системи, створення автоматизованих робочих місць на основі мережевої архітектури. Основною метою при цьому стає створення системи інформаційної підтримки прийняття рішень з елементами експертних систем та активною участю користувачів системи.

Щодо використання математичних моделей як засобу прийняття рішень існують досить протилежні думки: від впевненості у можливості математичної формалізації кожної проблеми прийняття рішень (і, як наслідок, можливості повного формування рішень засобами математики) до повного заперечення можливості математичної формалізації. Досвід показав, що як обмежений розв'язок окремих задач управління навчальним процесом без забезпечення їх інформаційної єдності, так і спроби повної (виключаючи функціональну участь людини) автоматизації усього управління навчальним процесом виявились малорезультативними. Найбільш перспективним виявився шлях створення систем інформаційної підтримки прийняття рішень з елементами експертних систем та активною участю користувачів системи. Такі системи мають забезпечувати:

- своєчасну актуалізацію нормативно-довідкової бази;
- засоби формування управлінських рішень, включаючи методи розв'язку задач оптимізації, засоби використання евристичних та експертних оцінок тощо;
- наявність технології реалізації управлінських рішень, що включає відповідну

організаційну структуру, правовий захист, забезпечення зацікавленості осіб, що причетні до управління навчальним процесом.

Мета статті

Метою статті є подолання суттєвих складнощів в управлінні навчальним процесом шляхом комплексного використання ідей ієрархічного підходу, моделювання та системної оптимізації, базуючись на широкому впровадженні сучасних інформаційних технологій. Сучасні системи управління навчальним процесом мають являти собою сукупність вбудованих у системи організаційного управління принципово нових засобів та методів обробки даних. Вони повинні реалізуватися як цілісні технологічні системи, що забезпечують цілеспрямовані створення, передавання, зберігання та відображення інформаційного продукту з найменшими витратами та відповідно до закономірностей того соціального середовища, для якого вони створюються.

Виклад основного матеріалу

Навчальний процес як система взаємодії об'єктів у часі описується, як правило, трьома групами об'єктів: викладачі, навчальні групи та аудиторії або відповідне обладнання, які для досягнення певної мети реалізують відповідний технологічний процес, що описується заданим навчальним планом. Оскільки кількість таких об'єктів досить велика, пошук оптимального (щодо певної сукупності критеріїв) варіанта управління їх взаємодією є надзвичайно трудомістким процесом і має бути автоматизованим.

Застосування ієрархічного підходу до побудови систем управління навчальним процесом

Суттєві складності в управлінні навчальним процесом обумовлені необхідністю подолання протиріч між бажаною простотою опису навчального процесу і необхідністю врахування широкого спектру його характеристик, а також протиріч між вимогами оперативності формування управлінських рішень та глибиною їх обґрунтування. Основним засобом подолання перелічених протиріч є ієрархічне представлення як об'єкта управління, так і процесу формування управлінських рішень.

Розглядаючи управління навчальним процесом як багаторівневу систему із суттєвою долею суб'єктивних уявлень та оцінок, слід підкреслити багатоаспектність виділення рівнів ієрархії у такій системі. Зокрема, рівні ієрархії можна розглядати щодо:

- деталізації об'єкта управління – страти (зокрема, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, - навчальний заклад факультет курс група студент);

- етапності формування управлінських рішень – нашарування (зокрема, загальна характеристика курсу – основні поняття та дефініції курсу – характеристика використовуваних понять та дефініцій суміжних курсів – глобальні ідеї курсу та їх аргументація – деталізація глобальних ідей – приклади та інший ілюстративний матеріал-оцінка ступеня засвоєння навчального матеріалу – самостійне використання результатів розглядуваного курсу). Іншим аспектом виділення нашарувань може бути перспективне планування навчальної діяльності, об'ємне планування такої діяльності, календарне планування навчальних процесів, диспетчерування навчальних процесів;

- організаційної структури навчальних закладів – ешелони (зокрема, діяльність адміністративного апарату, діяльність викладачів, організація роботи студентів).

Верхній рівень ієрархії (рівень планування) – включає дві складові частини:

- планування навчального навантаження, тобто закріплення занять у групах за конкретними викладачами;

- планування проведення процесу, тобто розподіл цих занять у часі (побудова розкладу).

На наступному рівні розглядається безпосередньо навчальний процес. При цьому можливі відхилення від початкових значень складу викладачів, аудиторного фонду, навчальних груп. Управління на цьому етапі полягає у мінімізації збитків (втрат) від таких відхилень без зміни загального розкладу. Мінімізація таких збитків може бути спланована на етапі побудови розкладу з врахуванням критеріїв стійкості розкладів до таких відхилень.

На нижньому рівні здійснюється оцінка результатів планування та виконання навчального процесу. Ця оцінка має дві складові: оцінка досягнення мети навчання та оцінка якості розкладів. Перша складова оцінює навчальний план (тобто перелік дисциплін, що вивчаються) і приймає рішення щодо якості навчання. Друга складова оцінює саме розклад з точки зору ергономічних показників, стійкості тощо і формує критерії для побудови розкладів на наступні періоди роботи.

Отже, за самою своєю природою система управління навчальним процесом є ієрархічною системою, число рівнів у якій визначається особливостями об'єкта управління, числом та взаємозв'язками альтернативних проектних рішень,

умовами вибору проектних варіантів. Вона є відкритою системою, вдосконалення якої повинно відбуватися планомірно та з необхідним випередженням змін в управлінні навчальним процесом. При багаторівневому підході, виходячи із складної глобальної задачі, формується ієрархія підзадач, що розв'язуються потім по черзі з використанням стандартизованих розв'язуючих елементів (відповідних методів, алгоритмів та стандартних процедур). Багаторівнева децентралізована система дозволяє локалізувати зміни у процедурі розробки управлінських рішень, що викликані змінами в навчальних процесах. Це забезпечує більш високу надійність та адаптованість системи управління навчальним процесом в цілому. При цьому слід зазначити, що введення рівнів ієрархії доцільне лише тоді, коли здійснено раціональний розподіл функцій щодо прийняття рішень між елементами різних рівнів та міжрівнева координація таких рішень.

Координація в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Координація рішень двох суміжних рівнів управління навчальним процесом являє собою визначення сукупності елементів, що обумовлюють процес формування узгоджених рішень на двох взаємопов'язаних рівнях ієрархії. Така сукупність включає такі елементи:

- параметри, що формуються на верхньому рівні ієрархії і виступають як обмеження (або елементи обмежень) для задач на нижчих рівнях ієрархії;

- параметри, що відображають стан навчального процесу, і передаються з нижнього рівня ієрархії на верхній;

- механізм підпорядкованості задач, що розв'язуються на верхньому та нижньому рівнях ієрархії;

- регламентацію дій верхнього та нижнього рівнів ієрархії, що відображена у технології функціонування системи.

Розглядаючи навчальний процес як ієрархічну систему, управління в якій здійснюється певною сукупністю одиниць, що приймають рішення, зауважимо, що взаємовідносини цих одиниць можуть бути різними і визначатися характером внутрішніх взаємодій як керуючих елементів розглядуваного навчального закладу, так і безпосередньо елементів організації навчального процесу.

Кожна одиниця, що приймає рішення, має певну мету, яку вона намагається здійснити. При цьому цілі різних одиниць можуть бути взаємопов'язаними, незалежними при необмежених

ресурсах або незалежними, але з певними обмеженнями, що накладені на використовувані ресурси. Наявність локальних цілей обумовлена децентралізованою структурою формування рішень у разі недоцільності нав'язування локальним розв'язуючим одиницям правила глобально оптимального рішення. Іншою об'єктивною причиною наявності різних локальних цілей може бути свобода вибору певних управлінських рішень локальними одиницями, узгоджена певною законодавчою або договірною структурою.

Під час управління навчальним процесом у деяких випадках ціль верхньої за ієрархією управляючої одиниці може бути узгоджена з локальними цілями нижніх ієрархічних одиниць, тобто бути сумою локальних цілей. В інших випадках цілі нижніх ієрархічних одиниць розрізняються між собою і до того ж відмінні від цілі верхньої ієрархічної одиниці. Різноманітність конкретних практичних ситуацій обумовлена ще й тим, що ціль верхньої управляючої одиниці може бути постійною (система статична) або змінюватися у часі (система динамічна). Цілі локальних одиниць можуть бути спільними або різними. Локальні одиниці можуть бути взаємопов'язаними або незалежними. Використовувані ресурси можуть бути обмеженими або такі обмеження можуть бути відсутні. При цьому цілі як верхньої, так і локальних одиниць, як правило, бувають векторними. До того ж складність досліджуваної проблеми підвищується з таких причин:

- наявність нееквівалентних дій;
- різні можливості модельної реалізації;
- необхідність та можливість використання зворотнього зв'язку;
- можливість навмисного спотворення інформації, що формується одиницями нижнього рівня ієрархії для передачі на верхній рівень ієрархії.

У будь-якому конкретному випадку необхідно перш за все проаналізувати специфіку досліджуваного навчального процесу та породжені нею обмеження як на координацію, так і на реалізацію в цілому управління навчальним процесом.

Задача координатора верхнього рівня ієрархії полягає у розробці таких рекомендацій розв'язуючим елементам нижніх рівнів, які приводили б до бажаних (в означеному сенсі) результуючих взаємодій.

При координації управління навчальним процесом доцільно використовувати спеціальні механізми, за допомогою яких координатор зміг би впливати на перебіг навчального процесу. В якості такого механізму припустимо використання

розподілу морального або матеріального заохочення між координованими підрозділами, застосування якого базується на такому. Кожний навчальний підрозділ характеризується переліком виконуваних ним робіт (при цьому поняття виконуваної роботи можна трактувати досить широко). Варіюючи значення преміальних або штрафних коефіцієнтів щодо кожної із виконуваних робіт, координатор встановлює значущість такої роботи. Таким чином він формує ставлення підрозділу до тієї чи іншої роботи і впливає на перебіг навчального процесу.

Оскільки будь-яка багаторівнева структура може бути представлена як сукупність послідовно вкладених дворівневих структур, розглянемо детальніше проблеми координації у таких структурах.

У дворівневій системі управління навчальним процесом існують цілі трьох типів, які формально описуються трьома типами розв'язуваних задач: глобальними, тобто визначеними щодо всієї системи та усього навчального процесу та задачами, що розв'язуються відповідно вищими та нижчими управляючими елементами. Ці цілі можуть бути як подібними, так і різними, а в останньому випадку як узгоджуваними, так і неузгоджуваними.

Оскільки лише елементи нижнього рівня ієрархії безпосередньо контактують з навчальним процесом, досягнення глобальної цілі можна досягнути лише через дії цих розв'язуючих елементів. Для цього вони мають бути координовані як до розв'язуваної глобальної задачі, так і до задач, розв'язуваних вищерозташованим елементом. Для реалізації такої координації застосовують наступні принципи координації: розв'язування (узгодження) взаємодій, прогнозування взаємодій та оцінка взаємодій.

„Розв'язування” взаємодій в навчальному процесі являє собою спеціалізацію відповідних навчальних підрозділів, роздільне планування різних видів навчальної діяльності, виходячи з виділених для них ресурсів, тощо.

„Прогнозування взаємодій” реалізується шляхом прогнозування точного значення очікуваного стану навчального процесу. Воно може бути здійснено шляхом розробки імітаційних моделей прогнозування з використанням відповідного статистичного матеріалу.

„Оцінка взаємодій” являє собою узагальнення принципу прогнозування взаємодій і здійснюється шляхом побудови відповідних кореляційних співвідношень та моделей об'ємного та об'ємно - календарного планування. Координатор у такому випадку не вказує точних значень пов'язуючих сигналів, а лише вказує область їх змін, тобто припустимий діапазон відхилень.

Під час координації управління навчальним процесом (залежно від характеру взаємозв'язку верхньої та локальних розв'язуючих одиниць) можливі різноманітні ситуації. Найбільш поширені серед них такі: командна (коли локальні розв'язуючі одиниці мають єдину загальну ціль), або ситуація змагання (коли локальні одиниці мають різні цілі). В останньому випадку можливі такі варіанти: цілі локальних одиниць узгоджені з ціллю верхньої одиниці, цілі локальних одиниць не узгоджені з ціллю верхньої одиниці, координація з боку верхньої одиниці відсутня. Зрозуміло, що ситуація змагання локальних одиниць можлива, коли вони взаємопов'язані або розділяють єдиний спільний ресурс. Координація з боку верхньої одиниці необхідна у таких випадках для того, щоб нейтралізувати змагання між локальними розв'язуючими одиницями і при цьому максимізувати глобальну функцію корисності.

Командна ситуація відповідає наявності декількох навчальних підрозділів, що мають спільну ціль, яка відповідає інтересам об'єкта в цілому, і не мають до того ж власних локальних цілей. Вона властива, наприклад, групі навчальних закладів, що навчають спеціалістів єдиного профілю за відсутності обмежень на використовувані ресурси та на кількість спеціалістів, що навчаються. В командній ситуації розв'язуючі одиниці розглядаються, як правило, як єдина сукупність, якій протистоїть оточуюче середовище.

В ситуації змагання при узгоджених цілях верхньої та нижніх управляючих одиниць існує два методи координації, що відрізняються використовуваним інструментом координації: прямиї метод та метод цін. При прямому методі координатор, розв'язуючи власну задачу оптимізації, задає певні значення усім взаємопов'язаним змінним нижніх управляючих одиниць. Використовуючи метод цін, нейтралізація ситуації змагання здійснюється шляхом встановлення відповідних цін на лімітовані ресурси та на входи до нижче розташованих управляючих одиниць.

Під час реалізації систем управління навчальним процесом можлива також ситуація, у разі якої інтереси верхньої управляючої одиниці не узгоджуються з інтересами управляючих одиниць нижнього рівня. Механізм координації у таких ситуаціях базується на використанні підходів розроблених у теорії ігор.

Класи функціональних задач кожного рівня в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Представляючи управління навчальним процесом у вигляді багаторівневої системи, слід

підкреслити, що склад рівней визначається особливостями навчального закладу. На кожному рівні управління має бути визначений перелік розв'язуваних функціональних задач.

Загальна структура ієрархічної системи управління навчальним процесом в аспекті виділення нашарувань (тобто визначення етапності формування управлінських рішень) може бути представлена таким чином:

- перспективне планування – планування навчальної роботи окремих груп студентів в діапазоні циклу підготовки;
- тактичне планування – планування викладацької роботи в діапазоні навчального року;
- оперативне планування – упереджене планування навчальної роботи в діапазоні наступного навчального півріччя;
- оперативне управління (диспетчерування) – коригування плану навчальної роботи в діапазоні поточного навчального півріччя.

Перспективне планування навчального процесу включає: формування програм підготовки, формування графіків підготовки, формування планів підготовки. В аспекті математичного моделювання процедури формування програми і плану підготовки належать до класу задач об'ємно-динамічного планування, зміст яких полягає в пошуку балансу між обсягом навчальної роботи з бюджетом часу студента.

Тактичне планування навчального процесу визначає: певну комплектацію навчальних робіт, призначення виконавців щодо таких комплектів робіт, об'ємне планування викладацької роботи.

Оперативне планування навчального процесу включає: формування початкових даних для складання розкладу, диспетчеризацію навчального процесу. Організація фонових процесів являє собою реалізацію усіх комплексів допоміжних та обслуговуючих робіт.

Кожен з перелічених комплексів робіт доцільно реалізувати у вигляді певних підсистем таким чином:

- підсистема перспективного планування навчальної роботи (підсистема ПЛАН);
- підсистема тактичного планування навчального процесу (підсистема ПОТІК);
- підсистема оперативного планування навчального процесу (підсистема РОЗКЛАД);
- підсистема диспетчерування (підсистема ДИСПЕТЧЕР);
- підсистема моніторингу індивідуальної підготовки студентів (підсистема СТУДЕНТ);

– підсистема моніторингу методичної підготовки навчального процесу (підсистема ВИКЛАДАЧ);

– підсистема організації дистанційно віддаленого процесу навчання (підсистема ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ);

– підсистема адміністрування (підсистема АДМІНІСТРАТОР).

Доцільно на верхніх рівнях реалізувати стратегічне управління навчальним процесом, на середніх – тактичне управління організацією навчального процесу. На нижніх рівнях здійснюється оперативне управління навчальним процесом, його оперативне коригування. Згідно з функціональною структурою системи до верхнього рівня ієрархії належать підсистеми ПЛАН, АДМІНІСТРАТОР) до середнього – підсистеми: ПОТІК, частково ВИКЛАДАЧ, СТУДЕНТ та ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ до нижнього – підсистеми: РОЗКЛАД, ДИСПЕТЧЕР та частково підсистеми ВИКЛАДАЧ, СТУДЕНТ, та ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ.

Зауважимо, що першочерговими є створення інфологічної моделі бази даних та розробка інтерфейсу інтерактивного режиму функціонування,

а наступними – розробка фрагментів перелічених підсистем, зокрема: складання розкладу, включаючи інтерактивну побудову розкладу занять навчальних груп навчального закладу, організацію навчальних процесів, включаючи реалізацію гнучкого дистанційного навчання, розробку навчальних курсів, а також видачу різноманітної довідкової та управлінської інформації.

Задачі формування навчальних розкладів в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Центральним ядром багатоваріантних систем управління навчальним процесом є задачі побудови розкладів навчальних занять.

Задачі формування навчальних розкладів в ієрархічних системах управління навчальним процесом виконують подвійні функції. З одного боку, вони являють собою розв’язання центральних функціональних задач будь-якого рівня ієрархії. З другого боку, формування навчальних розкладів та їх коригування є елементом реалізації механізму міжрівневої координації в ієрархічних управління навчальним процесом.

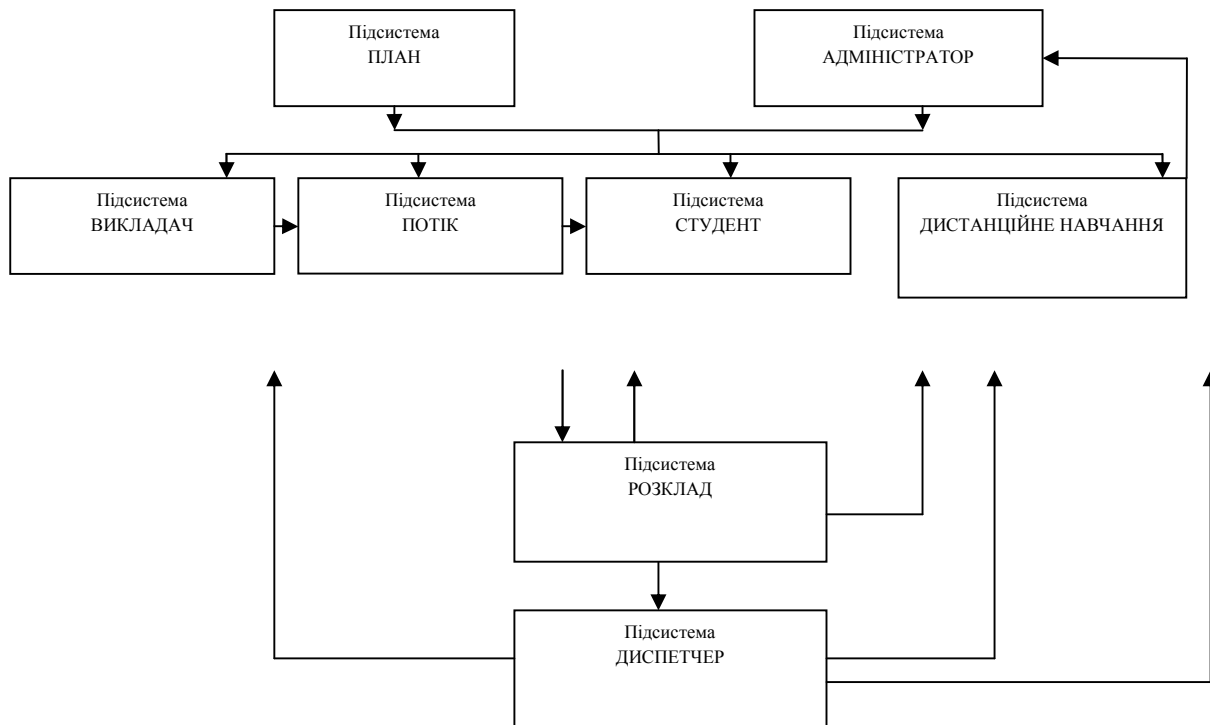


Рисунок. Загальна структура системи управління навчальним процесом

Розв'язання задачі формування навчальних завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом досягається шляхом покрокової деталізації навчальних планів та завдань. При цьому результати кожного кроку деталізації приймаються як установки для наступного кроку, на якому вони конкретизуються і можуть бути переглянуті на основі результатів такої конкретизації. Багаторічні дослідження довели високу ефективність застосування на цьому етапі широкого спектру методів календарного планування (зокрема, при складанні навчальних розкладів) у поєднанні з апаратом агрегування та дезагрегування як інформації, так і управлінських рішень, які формуються.

Головна ідея метода розв'язання задачі формування навчальних планів та завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом залишається незмінною. Проте, враховуючи надзвичайну складність та високу динамічність таких задач, єдиним реальним підходом до їх розв'язання є реалізація імітаційних алгоритмів з широким застосуванням евристичних прийомів. Практичний досвід підтвердив той факт, що алгоритми, які використовують евристичні прийоми, не мають собі рівних за можливостями розв'язання задач за наявності найрізноманітніших обмежень. Такі алгоритми являють собою своєрідний розумний компроміс між можливостями існуючих оптимізаційних методів і цілями задачі формування навчальних планів та завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом. Разом з тим, враховуючи усі їх переваги, евристичні алгоритми мають певний ряд особливостей, які ускладнюють їх ефективне використання.

Висновки

Розглянуті підходи до реалізації механізму координації та застосування апарату математичного моделювання для управління навчальним процесом, являють собою методологічну основу застосування сучасних комп'ютеризованих технологій управління навчальним процесом. У кожному конкретному випадку реалізації таких технологій необхідні відповідні поглиблені дослідження як самого об'єкта управління, так і зовнішніх умов його функціонування. Результати таких досліджень забезпечують конкретизацію використовуваних математичних моделей та реалізацію відповідної комп'ютеризованої технології управління конкретним навчальним процесом.

Список літератури

1. Глушков В. М. *Основы безбумажной информатики*. – М. Наука, 1982. – 415с.

2. Месарович М., Мако Д., Такахара И. *Теория иерархических многоуровневых систем*. – М.: Мир, 1973. – 344с.

3. Подчасова Т.П., Лагода А.П., Рудницкий В.Ф. *Управление в иерархических производственных структурах*. – К.: Наукова думка, 1989. – 184 с.

Стаття надійшла до редколегії 25.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Сидоренко, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків.

УДК 519.95

¹О.В. Веренич, ²Т.П. Подчасова¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ² Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

ІЄРАРХІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Проаналізовано перспективність ієрархічного підходу при реалізації сучасних інформаційних технологій управління навчальним процесом. Велику увагу приділено проблемам міжрівневої координації у ієрархічних структурах управління навчальним процесом.

Ключові слова: ієрархічний підхід, багаторівнева система, міжрівнева координація

Постановка проблеми

Складність сучасних систем управління навчальним процесом обумовлена рядом об'єктивних факторів, найголовнішими з яких є такі:

- складність об'єкта управління;
- значна доля задач, пов'язаних з прийняттям рішень шляхом вибору альтернатив;
- участь людини як функціональної ланки у системі управління навчальним процесом і, як наслідок, наявність значних об'ємів якісної експертної інформації, що носить суб'єктивний характер;
- формування управлінських рішень в умовах високого рівня невизначеності як статистичного характеру, так і невизначеності, що породжується нечіткістю сформованих цілей та обмежень;
- суттєвий вплив поряд з об'єктивними закономірностями суб'єктивних уявлень та емоцій людей на функціонування системи управління навчальним процесом.

Обмеженість часу на формування управлінських рішень і неможливість (у зв'язку з малою ефективністю громіздких управлінських структур) простого збільшення чисельності управлінського персоналу поглиблюють складність проблеми.

Однією із суттєвих відмінностей управління навчальним процесом, що впливає на ускладнення такого управління є той факт, що оцінка якості

ИЄРАРХИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Проанализирована перспективность иерархического подхода при реализации современных информационных технологий управления учебным процессом. Существенное внимание уделено проблемам межуровневой координации в иерархических структурах управления учебным процессом.

HIERARCHICAL INFORMATION TECHNOLOGY IN MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROCESS

Analyzed promising hierarchical approach in the implementation of modern information technology management educational process. Particular attention is paid to problems of coordination mizhrivnevoi hierarchical management structures educational process.

управління та коригування навчальних планів, розподіл навантаження, формування розкладу занять можливі лише після завершення певного циклу навчання (семестру, навчального року тощо). Таке управління має назву асинхронного, на відміну від управління діями об'єкта у будь-який час, що має назву синхронного.

Отже, розробка та впровадження систем управління навчальним процесом на даному етапі вимагає, перш за все, удосконалення методології реалізації навчального процесу та широкого застосування сучасних інформаційних технологій.

Аналіз останніх джерел і публікацій

Накопичений досвід створення систем управління навчальним процесом показав, що у цій галузі маємо справу з необхідністю розробки багаторівневих систем управління, в процесі проектування яких виникає потреба у розв'язку надзвичайно складних (як правило, комбінаторних) задач великої розмірності і до того ж у досить обмежені інтервали часу.

Основні напрями комплексного застосування сучасних інформаційних технологій для ефективного досягнення кінцевих цілей управління навчальним процесом вимагають забезпечення доцільного рівня інформатизації, інтелектуалізації, інтеграції та персональної орієнтації електронно-обчислювальної техніки.

Інформатизація управління навчальним процесом складає базу для широкого застосування обчислювальної техніки з метою інформаційного

обслуговування користувачів на основі алгоритмізації процесів дослідження, проектування та управління, що забезпечує розширення можливостей персоналу за рахунок більш високої точності та повноти відображення управлінської ситуації, за рахунок постановки нових задач, своєчасності отримання даних, формування точних прогнозів, моделювання варіантів під час вибору рішення.

Інтелектуалізація управління навчальним процесом спрямована на розв'язок особливо складних задач, таких як класифікація, діагностика, проектування, планування та розпізнавання конфліктних ситуацій під час ефективної взаємодії з користувачем на мові близькій до буденної, на основі накопичення та систематизації знань, а також організації логічних висновків на базі штучного інтелекту.

Інформатизація та інтелектуалізація у сукупності забезпечують можливість інформаційного самообслуговування користувача, постановки ним нових задач, розвитку та адаптації системи, створення автоматизованих робочих місць на основі мережевої архітектури. Основною метою при цьому стає створення системи інформаційної підтримки прийняття рішень з елементами експертних систем та активною участю користувачів системи.

Щодо використання математичних моделей як засобу прийняття рішень існують досить протилежні думки: від впевненості у можливості математичної формалізації кожної проблеми прийняття рішень (і, як наслідок, можливості повного формування рішень засобами математики) до повного заперечення можливості математичної формалізації. Досвід показав, що як обмежений розв'язок окремих задач управління навчальним процесом без забезпечення їх інформаційної єдності, так і спроби повної (виключаючи функціональну участь людини) автоматизації усього управління навчальним процесом виявились малорезультативними. Найбільш перспективним виявився шлях створення систем інформаційної підтримки прийняття рішень з елементами експертних систем та активною участю користувачів системи. Такі системи мають забезпечувати:

- своєчасну актуалізацію нормативно-довідкової бази;
- засоби формування управлінських рішень, включаючи методи розв'язку задач оптимізації, засоби використання евристичних та експертних оцінок тощо;
- наявність технології реалізації управлінських рішень, що включає відповідну

організаційну структуру, правовий захист, забезпечення зацікавленості осіб, що причетні до управління навчальним процесом.

Мета статті

Метою статті є подолання суттєвих складнощів в управлінні навчальним процесом шляхом комплексного використання ідей ієрархічного підходу, моделювання та системної оптимізації, базуючись на широкому впровадженні сучасних інформаційних технологій. Сучасні системи управління навчальним процесом мають являти собою сукупність вбудованих у системи організаційного управління принципово нових засобів та методів обробки даних. Вони повинні реалізуватися як цілісні технологічні системи, що забезпечують цілеспрямовані створення, передавання, зберігання та відображення інформаційного продукту з найменшими витратами та відповідно до закономірностей того соціального середовища, для якого вони створюються.

Виклад основного матеріалу

Навчальний процес як система взаємодії об'єктів у часі описується, як правило, трьома групами об'єктів: викладачі, навчальні групи та аудиторії або відповідне обладнання, які для досягнення певної мети реалізують відповідний технологічний процес, що описується заданим навчальним планом. Оскільки кількість таких об'єктів досить велика, пошук оптимального (щодо певної сукупності критеріїв) варіанта управління їх взаємодією є надзвичайно трудомістким процесом і має бути автоматизованим.

Застосування ієрархічного підходу до побудови систем управління навчальним процесом

Суттєві складності в управлінні навчальним процесом обумовлені необхідністю подолання протиріч між бажаною простотою опису навчального процесу і необхідністю врахування широкого спектру його характеристик, а також протиріч між вимогами оперативності формування управлінських рішень та глибиною їх обґрунтування. Основним засобом подолання перелічених протиріч є ієрархічне представлення як об'єкта управління, так і процесу формування управлінських рішень.

Розглядаючи управління навчальним процесом як багаторівневу систему із суттєвою долею суб'єктивних уявлень та оцінок, слід підкреслити багатоаспектність виділення рівнів ієрархії у такій системі. Зокрема, рівні ієрархії можна розглядати щодо:

- деталізації об'єкта управління – страти (зокрема, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, - навчальний заклад факультет курс група студент);

- етапності формування управлінських рішень – нашарування (зокрема, загальна характеристика курсу – основні поняття та дефініції курсу – характеристика використовуваних понять та дефініцій суміжних курсів – глобальні ідеї курсу та їх аргументація – деталізація глобальних ідей – приклади та інший ілюстративний матеріал-оцінка ступеня засвоєння навчального матеріалу – самостійне використання результатів розглядуваного курсу). Іншим аспектом виділення нашарувань може бути перспективне планування навчальної діяльності, об'ємне планування такої діяльності, календарне планування навчальних процесів, диспетчерування навчальних процесів;

- організаційної структури навчальних закладів – ешелони (зокрема, діяльність адміністративного апарату, діяльність викладачів, організація роботи студентів).

Верхній рівень ієрархії (рівень планування) – включає дві складові частини:

- планування навчального навантаження, тобто закріплення занять у групах за конкретними викладачами;

- планування проведення процесу, тобто розподіл цих занять у часі (побудова розкладу).

На наступному рівні розглядається безпосередньо навчальний процес. При цьому можливі відхилення від початкових значень складу викладачів, аудиторного фонду, навчальних груп. Управління на цьому етапі полягає у мінімізації збитків (втрат) від таких відхилень без зміни загального розкладу. Мінімізація таких збитків може бути спланована на етапі побудови розкладу з врахуванням критеріїв стійкості розкладів до таких відхилень.

На нижньому рівні здійснюється оцінка результатів планування та виконання навчального процесу. Ця оцінка має дві складові: оцінка досягнення мети навчання та оцінка якості розкладів. Перша складова оцінює навчальний план (тобто перелік дисциплін, що вивчаються) і приймає рішення щодо якості навчання. Друга складова оцінює саме розклад з точки зору ергономічних показників, стійкості тощо і формує критерії для побудови розкладів на наступні періоди роботи.

Отже, за самою своєю природою система управління навчальним процесом є ієрархічною системою, число рівнів у якій визначається особливостями об'єкта управління, числом та взаємозв'язками альтернативних проектних рішень,

умовами вибору проектних варіантів. Вона є відкритою системою, вдосконалення якої повинно відбуватися планомірно та з необхідним випередженням змін в управлінні навчальним процесом. При багаторівневому підході, виходячи із складної глобальної задачі, формується ієрархія підзадач, що розв'язуються потім по черзі з використанням стандартизованих розв'язуючих елементів (відповідних методів, алгоритмів та стандартних процедур). Багаторівнева децентралізована система дозволяє локалізувати зміни у процедурі розробки управлінських рішень, що викликані змінами в навчальних процесах. Це забезпечує більш високу надійність та адаптованість системи управління навчальним процесом в цілому. При цьому слід зазначити, що введення рівнів ієрархії доцільне лише тоді, коли здійснено раціональний розподіл функцій щодо прийняття рішень між елементами різних рівнів та міжрівнева координація таких рішень.

Координація в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Координація рішень двох суміжних рівнів управління навчальним процесом являє собою визначення сукупності елементів, що обумовлюють процес формування узгоджених рішень на двох взаємопов'язаних рівнях ієрархії. Така сукупність включає такі елементи:

- параметри, що формуються на верхньому рівні ієрархії і виступають як обмеження (або елементи обмежень) для задач на нижчих рівнях ієрархії;

- параметри, що відображають стан навчального процесу, і передаються з нижнього рівня ієрархії на верхній;

- механізм підпорядкованості задач, що розв'язуються на верхньому та нижньому рівнях ієрархії;

- регламентацію дій верхнього та нижнього рівнів ієрархії, що відображена у технології функціонування системи.

Розглядаючи навчальний процес як ієрархічну систему, управління в якій здійснюється певною сукупністю одиниць, що приймають рішення, зауважимо, що взаємовідносини цих одиниць можуть бути різними і визначатися характером внутрішніх взаємодій як керуючих елементів розглядуваного навчального закладу, так і безпосередньо елементів організації навчального процесу.

Кожна одиниця, що приймає рішення, має певну мету, яку вона намагається здійснити. При цьому цілі різних одиниць можуть бути взаємопов'язаними, незалежними при необмежених

ресурсах або незалежними, але з певними обмеженнями, що накладені на використовувані ресурси. Наявність локальних цілей обумовлена децентралізованою структурою формування рішень у разі недоцільності нав'язування локальним розв'язуючим одиницям правила глобально оптимального рішення. Іншою об'єктивною причиною наявності різних локальних цілей може бути свобода вибору певних управлінських рішень локальними одиницями, узгоджена певною законодавчою або договірною структурою.

Під час управління навчальним процесом у деяких випадках ціль верхньої за ієрархією управляючої одиниці може бути узгоджена з локальними цілями нижніх ієрархічних одиниць, тобто бути сумою локальних цілей. В інших випадках цілі нижніх ієрархічних одиниць розрізняються між собою і до того ж відмінні від цілі верхньої ієрархічної одиниці. Різноманітність конкретних практичних ситуацій обумовлена ще й тим, що ціль верхньої управляючої одиниці може бути постійною (система статична) або змінюватися у часі (система динамічна). Цілі локальних одиниць можуть бути спільними або різними. Локальні одиниці можуть бути взаємопов'язаними або незалежними. Використовувані ресурси можуть бути обмеженими або такі обмеження можуть бути відсутні. При цьому цілі як верхньої, так і локальних одиниць, як правило, бувають векторними. До того ж складність досліджуваної проблеми підвищується з таких причин:

- наявність нееквівалентних дій;
- різні можливості модельної реалізації;
- необхідність та можливість використання зворотнього зв'язку;
- можливість навмисного спотворення інформації, що формується одиницями нижнього рівня ієрархії для передачі на верхній рівень ієрархії.

У будь-якому конкретному випадку необхідно перш за все проаналізувати специфіку досліджуваного навчального процесу та породжені нею обмеження як на координацію, так і на реалізацію в цілому управління навчальним процесом.

Задача координатора верхнього рівня ієрархії полягає у розробці таких рекомендацій розв'язуючим елементам нижніх рівнів, які приводили б до бажаних (в означеному сенсі) результуючих взаємодій.

При координації управління навчальним процесом доцільно використовувати спеціальні механізми, за допомогою яких координатор зміг би впливати на перебіг навчального процесу. В якості такого механізму припустимо використання

розподілу морального або матеріального заохочення між координованими підрозділами, застосування якого базується на такому. Кожний навчальний підрозділ характеризується переліком виконуваних ним робіт (при цьому поняття виконуваної роботи можна трактувати досить широко). Варіюючи значення преміальних або штрафних коефіцієнтів щодо кожної із виконуваних робіт, координатор встановлює значущість такої роботи. Таким чином він формує ставлення підрозділу до тієї чи іншої роботи і впливає на перебіг навчального процесу.

Оскільки будь-яка багаторівнева структура може бути представлена як сукупність послідовно вкладених дворівневих структур, розглянемо детальніше проблеми координації у таких структурах.

У дворівневій системі управління навчальним процесом існують цілі трьох типів, які формально описуються трьома типами розв'язуваних задач: глобальними, тобто визначеними щодо всієї системи та усього навчального процесу та задачами, що розв'язуються відповідно вищими та нижчими управляючими елементами. Ці цілі можуть бути як подібними, так і різними, а в останньому випадку як узгоджуваними, так і неузгоджуваними.

Оскільки лише елементи нижнього рівня ієрархії безпосередньо контактують з навчальним процесом, досягнення глобальної цілі можна досягнути лише через дії цих розв'язуючих елементів. Для цього вони мають бути координовані як до розв'язуваної глобальної задачі, так і до задач, розв'язуваних вищерозташованим елементом. Для реалізації такої координації застосовують наступні принципи координації: розв'язування (узгодження) взаємодій, прогнозування взаємодій та оцінка взаємодій.

„Розв'язування” взаємодій в навчальному процесі являє собою спеціалізацію відповідних навчальних підрозділів, роздільне планування різних видів навчальної діяльності, виходячи з виділених для них ресурсів, тощо.

„Прогнозування взаємодій” реалізується шляхом прогнозування точного значення очікуваного стану навчального процесу. Воно може бути здійснено шляхом розробки імітаційних моделей прогнозування з використанням відповідного статистичного матеріалу.

„Оцінка взаємодій” являє собою узагальнення принципу прогнозування взаємодій і здійснюється шляхом побудови відповідних кореляційних співвідношень та моделей об'ємного та об'ємно - календарного планування. Координатор у такому випадку не вказує точних значень пов'язуючих сигналів, а лише вказує область їх змін, тобто припустимий діапазон відхилень.

Під час координації управління навчальним процесом (залежно від характеру взаємозв'язку верхньої та локальних розв'язуючих одиниць) можливі різноманітні ситуації. Найбільш поширені серед них такі: командна (коли локальні розв'язуючі одиниці мають єдину загальну ціль), або ситуація змагання (коли локальні одиниці мають різні цілі). В останньому випадку можливі такі варіанти: цілі локальних одиниць узгоджені з ціллю верхньої одиниці, цілі локальних одиниць не узгоджені з ціллю верхньої одиниці, координація з боку верхньої одиниці відсутня. Зрозуміло, що ситуація змагання локальних одиниць можлива, коли вони взаємопов'язані або розділяють єдиний спільний ресурс. Координація з боку верхньої одиниці необхідна у таких випадках для того, щоб нейтралізувати змагання між локальними розв'язуючими одиницями і при цьому максимізувати глобальну функцію корисності.

Командна ситуація відповідає наявності декількох навчальних підрозділів, що мають спільну ціль, яка відповідає інтересам об'єкта в цілому, і не мають до того ж власних локальних цілей. Вона властива, наприклад, групі навчальних закладів, що навчають спеціалістів єдиного профілю за відсутності обмежень на використовувані ресурси та на кількість спеціалістів, що навчаються. В командній ситуації розв'язуючі одиниці розглядаються, як правило, як єдина сукупність, якій протистоїть оточуюче середовище.

В ситуації змагання при узгоджених цілях верхньої та нижніх управляючих одиниць існує два методи координації, що відрізняються використовуваним інструментом координації: прямий метод та метод цін. При прямому методі координатор, розв'язуючи власну задачу оптимізації, задає певні значення усім взаємопов'язаним змінним нижніх управляючих одиниць. Використовуючи метод цін, нейтралізація ситуації змагання здійснюється шляхом встановлення відповідних цін на лімітовані ресурси та на входи до нижче розташованих управляючих одиниць.

Під час реалізації систем управління навчальним процесом можлива також ситуація, у разі якої інтереси верхньої управляючої одиниці не узгоджуються з інтересами управляючих одиниць нижнього рівня. Механізм координації у таких ситуаціях базується на використанні підходів розроблених у теорії ігор.

Класи функціональних задач кожного рівня в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Представляючи управління навчальним процесом у вигляді багаторівневої системи, слід

підкреслити, що склад рівней визначається особливостями навчального закладу. На кожному рівні управління має бути визначений перелік розв'язуваних функціональних задач.

Загальна структура ієрархічної системи управління навчальним процесом в аспекті виділення нашарувань (тобто визначення етапності формування управлінських рішень) може бути представлена таким чином:

- перспективне планування – планування навчальної роботи окремих груп студентів в діапазоні циклу підготовки;
- тактичне планування – планування викладацької роботи в діапазоні навчального року;
- оперативне планування – упереджене планування навчальної роботи в діапазоні наступного навчального півріччя;
- оперативне управління (диспетчерування) – коригування плану навчальної роботи в діапазоні поточного навчального півріччя.

Перспективне планування навчального процесу включає: формування програм підготовки, формування графіків підготовки, формування планів підготовки. В аспекті математичного моделювання процедури формування програми і плану підготовки належать до класу задач об'ємно-динамічного планування, зміст яких полягає в пошуку балансу між обсягом навчальної роботи з бюджетом часу студента.

Тактичне планування навчального процесу визначає: певну комплектацію навчальних робіт, призначення виконавців щодо таких комплектів робіт, об'ємне планування викладацької роботи.

Оперативне планування навчального процесу включає: формування початкових даних для складання розкладу, диспетчеризацію навчального процесу. Організація фонових процесів являє собою реалізацію усіх комплексів допоміжних та обслуговуючих робіт.

Кожен з перелічених комплексів робіт доцільно реалізувати у вигляді певних підсистем таким чином:

- підсистема перспективного планування навчальної роботи (підсистема ПЛАН);
- підсистема тактичного планування навчального процесу (підсистема ПОТІК);
- підсистема оперативного планування навчального процесу (підсистема РОЗКЛАД);
- підсистема диспетчерування (підсистема ДИСПЕТЧЕР);
- підсистема моніторингу індивідуальної підготовки студентів (підсистема СТУДЕНТ);

– підсистема моніторингу методичної підготовки навчального процесу (підсистема ВИКЛАДАЧ);

– підсистема організації дистанційно віддаленого процесу навчання (підсистема ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ);

– підсистема адміністрування (підсистема АДМІНІСТРАТОР).

Доцільно на верхніх рівнях реалізувати стратегічне управління навчальним процесом, на середніх – тактичне управління організацією навчального процесу. На нижніх рівнях здійснюється оперативне управління навчальним процесом, його оперативне коригування. Згідно з функціональною структурою системи до верхнього рівня ієрархії належать підсистеми ПЛАН, АДМІНІСТРАТОР) до середнього – підсистеми: ПОТІК, частково ВИКЛАДАЧ, СТУДЕНТ та ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ до нижнього – підсистеми: РОЗКЛАД, ДИСПЕТЧЕР та частково підсистеми ВИКЛАДАЧ, СТУДЕНТ, та ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ.

Зауважимо, що першочерговими є створення інфологічної моделі бази даних та розробка інтерфейсу інтерактивного режиму функціонування,

а наступними – розробка фрагментів перелічених підсистем, зокрема: складання розкладу, включаючи інтерактивну побудову розкладу занять навчальних груп навчального закладу, організацію навчальних процесів, включаючи реалізацію гнучкого дистанційного навчання, розробку навчальних курсів, а також видачу різноманітної довідкової та управлінської інформації.

Задачі формування навчальних розкладів в ієрархічних системах управління навчальним процесом

Центральним ядром багатоваріантних систем управління навчальним процесом є задачі побудови розкладів навчальних занять.

Задачі формування навчальних розкладів в ієрархічних системах управління навчальним процесом виконують подвійні функції. З одного боку, вони являють собою розв’язання центральних функціональних задач будь-якого рівня ієрархії. З другого боку, формування навчальних розкладів та їх коригування є елементом реалізації механізму міжрівневої координації в ієрархічних управління навчальним процесом.

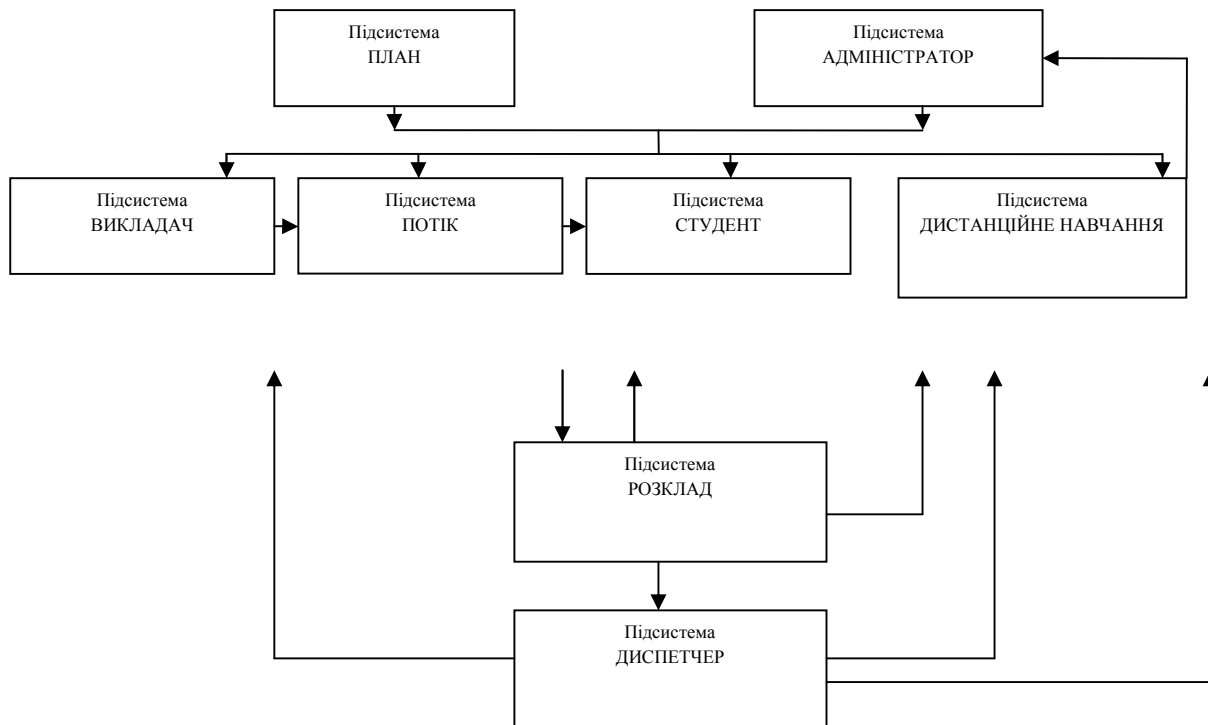


Рисунок. Загальна структура системи управління навчальним процесом

Розв'язання задачі формування навчальних завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом досягається шляхом покрокової деталізації навчальних планів та завдань. При цьому результати кожного кроку деталізації приймаються як установки для наступного кроку, на якому вони конкретизуються і можуть бути переглянуті на основі результатів такої конкретизації. Багаторічні дослідження довели високу ефективність застосування на цьому етапі широкого спектру методів календарного планування (зокрема, при складанні навчальних розкладів) у поєднанні з апаратом агрегування та дезагрегування як інформації, так і управлінських рішень, які формуються.

Головна ідея метода розв'язання задачі формування навчальних планів та завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом залишається незмінною. Проте, враховуючи надзвичайну складність та високу динамічність таких задач, єдиним реальним підходом до їх розв'язання є реалізація імітаційних алгоритмів з широким застосуванням евристичних прийомів. Практичний досвід підтвердив той факт, що алгоритми, які використовують евристичні прийоми, не мають собі рівних за можливостями розв'язання задач за наявності найрізноманітніших обмежень. Такі алгоритми являють собою своєрідний розумний компроміс між можливостями існуючих оптимізаційних методів і цілями задачі формування навчальних планів та завдань у ієрархічній системі управління навчальним процесом. Разом з тим, враховуючи усі їх переваги, евристичні алгоритми мають певний ряд особливостей, які ускладнюють їх ефективне використання.

Висновки

Розглянуті підходи до реалізації механізму координації та застосування апарату математичного моделювання для управління навчальним процесом, являють собою методологічну основу застосування сучасних комп'ютеризованих технологій управління навчальним процесом. У кожному конкретному випадку реалізації таких технологій необхідні відповідні поглиблені дослідження як самого об'єкта управління, так і зовнішніх умов його функціонування. Результати таких досліджень забезпечують конкретизацію використовуваних математичних моделей та реалізацію відповідної комп'ютеризованої технології управління конкретним навчальним процесом.

Список літератури

1. Глушков В. М. *Основы безбумажной информатики*. – М. Наука, 1982. – 415с.

2. Месарович М., Мако Д., Такахара И. *Теория иерархических многоуровневых систем*. – М.: Мир, 1973, .- 344с.

3. Подчасова Т.П., Лагода А.П., Рудницкий В.Ф. *Управление в иерархических производственных структурах*. – К.: Наукова думка, 1989 .- 184 с.

Стаття надійшла до редколегії 25.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Сидоренко, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків.