

УДК 519.712.2

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9\(37\)-832-841](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-9(37)-832-841)

**Сікора Ярослава Богданівна** кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008, тел.:(0412) 43-07-74, <https://orcid.org/0000-0003-2621-6638>

## МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕЧІТКОСТІ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

**Анотація.** В даний час не лише сучасні інтелектуальні та виробничі системи автоматизованого проектування, а й соціальні системи характеризуються недостатністю вхідної та вихідної інформації, яка часто робить некоректним їх ефективне функціонування. Це унеможлиблює та ускладнює практичне застосування існуючих систем і методів підтримки прийняття рішень.

В роботі показана узагальнена схема підтримки прийняття рішень, яка передбачає дії на трьох стадіях – концептуалізації, проектування та вибору, на кожній з яких передбачено можливість повернення до попереднього етапу. Кінцевим етапом є виконання рішення. Наголошується, що значущими є рішення в умовах невизначеності, й визначаються фактори, які впливають на формування невизначеності. Виокремлено основні види невизначеності: структурну та параметричну. Обґрунтовується необхідність застосування нечітких наборів для усунення невизначеності при управлінні закладом вищої освіти з метою підвищення ефективності управлінських рішень. Проаналізовано дві ситуації: коли параметри не відомі або задані нечітко. Представлено моделі прийняття рішень в умовах невизначеності. Розглянуто питання розробки принципів побудови математичних моделей для ефективного прийняття рішень у закладі вищої освіти в нечітких умовах, виділивши основні його елементи. Запропоновано виокремити рівні управління в закладі вищої освіти та створити на кожному рівні управління систему контролю стану процесів, застосувавши процедуру порівняння контрольованого параметра із критичним значенням  $x_{крит}$ . Оцінювання критичних станів дасть змогу не лише здійснити діагностику системи, а й спрогнозувати її розвиток. Задля підвищення ефективності прийняття рішень в управлінні закладом вищої освіти рекомендовано застосовувати нечіткі множини з метою усунення невизначеності.

**Ключові слова:** моделювання, прийняття рішення, невизначеність, ризик, нечіткі множини.

**Sikora Yaroslava Bogdanivna** Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Computer Sciences and Information Technologies, Zhytomyr Ivan Franko State University, St. Velyka Berdychivska, 40, Zhytomyr, 10008, tel.:(0412) 43-07-74, <https://orcid.org/0000-0003-2621-6638>

## A MODEL OF ADMINISTRATIVE DECISION-MAKING IN CONDITIONS OF UNCLEARNESS AND UNCERTAINTY

**Abstract.** Currently, not only modern intellectual and production systems of automated design, but also social systems are characterized by insufficient input and output information, which often makes their effective functioning incorrect. This makes the practical application of existing decision support systems and methods impossible and difficult.

The work shows a generalized scheme of decision support, which involves actions at three stages – conceptualization, design and selection, at each of which the possibility of returning to the previous stage is provided. The final stage is the implementation of the decision. It is emphasized that decisions in conditions of uncertainty are significant, and the factors influencing the formation of uncertainty are determined. The main types of uncertainty are distinguished: structural and parametric. The need to use fuzzy sets to eliminate uncertainty in the management of a higher education institution in order to improve the effectiveness of management decisions is substantiated. Two situations were analyzed: when the parameters are not known or are set vaguely. Models of decision-making under conditions of uncertainty are presented. The issue of developing the principles of building mathematical models for effective decision-making in a higher education institution in unclear conditions is considered, highlighting its main elements. It is proposed to single out management levels in the institution of higher education and to create a process control system at each management level, applying the procedure of comparing the controlled parameter with the critical value of  $x_{crit}$ . Assessment of critical states will make it possible not only to diagnose the system, but also to forecast its development. In order to increase the efficiency of decision-making in the management of a higher education institution, it is recommended to use fuzzy sets in order to eliminate uncertainty.

**Keywords:** modeling, decision making, uncertainty, risk, fuzzy sets.

**Постановка проблеми.** Однією з важливих проблем у науці та техніці XXI ст. залишається підтримка прийняття рішень у невизначених та нечітких умовах. Постійно відбувається збільшення потоків інформації, що містять різні типи даних і знань, спрямованих на особу, яка приймає рішення. Потрібна розробка теорії, принципів та побудова на їх основі інтегрованих математичних моделей та методів для ефективного прийняття рішень. Це

особливо актуально не лише у високотехнологічних галузях, наприклад, пов'язаних із впровадженням інформаційних, ядерних та нанотехнологій, автоматизації проектування, а й соціальних системах.

В даний час сучасні інтелектуальні, виробничі системи автоматизованого проектування характеризуються нечіткістю вхідної та вихідної інформації, що часто робить некоректним їхнє ефективне функціонування. Під час управління соціальними системами виникає потреба у здійсненні розрахунків за наявності нечітко заданих параметрів або неточної інформації, тобто процедура прийняття рішення, наприклад, під час управління діяльністю закладу освіти базується на неповній інформації. Це призводить до неможливості та утруднення практичного застосування існуючих систем та методів підтримки прийняття рішень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В науковій літературі розкриттю сутності методів прийняття управлінських рішень присвячені праці багатьох науковців, зокрема таких як Д. Дерлоу, Ф. Найт, Г. Саймон, Р. Шекл та ін. Особливості управлінських рішень в умовах невизначеності досліджували і вітчизняні науковці, зокрема, Т. Гончаренко, В. Ковальчук, Т. Кравченко, В. Крючковський, В. Михайленко, С. Попова, В. Решетило, І. Рішняк [1], І. Шафоренко [2] та ін.

З урахуванням високого рівня ризику на всіх рівнях будь-якої системи і необхідності розробки стратегій управління в умовах недостатньої інформації та великого рівня невизначеності, дослідження та аналіз використання науково-обґрунтованих методів прийняття управлінських рішень в умовах низького рівня інформованості стає актуальним і важливим завданням.

**Мета статті** полягає в поглибленні теоретичних основ і розробці рекомендацій щодо застосування методів прийняття рішень в умовах невизначеності задля забезпечення адаптації та стабілізації діяльності організацій (на прикладі закладу вищої освіти) у сучасних умовах функціонування.

**Виклад основного матеріалу.** Швидке прийняття правильних управлінських рішень – це непросте завдання навіть у найкращих умовах.

Процес підготовки та прийняття рішень включає три основні стадії: концептуальну, проектування та вибір. Завершальним етапом є виконання рішення. На рис. 1 подано узагальнену схему процесу прийняття рішень, яка демонструє безперервний потік дій від концептуальної стадії до проектування та вибору, з можливістю повернення до попереднього етапу (зворотний зв'язок).

Ключовим етапом цього процесу є моделювання. Початкова фаза процесу прийняття рішень розпочинається на концептуальному рівні, де аналізується проблемна область і визначаються основні завдання. На етапі проектування розробляється модель, яка відображає і описує систему, враховуючи різноманітні взаємозв'язки між її складовими. Це досягається за допомогою припущень, які спрощують реальність шляхом узагальнення взаємо-

зв'язків між усіма змінними. Потім перевіряється відповідність моделі реальній ситуації і встановлюються критерії для оцінювання альтернативних варіантів.

На стадії вибору здійснюється верифікація та випробування запропонованого рішення. Якщо запропоноване рішення виявиться прийнятним, воно готове для завершальної стадії – виконання рішення. Успішний результат завершує вирішення вихідного завдання. За невдалого результату здійснюється повернення до ранніх стадій процесу.

Концептуальна стадія починається з визначення організаційних цілей. Завдання виникають через незадоволеність існуючим станом справ або їх розвитком. На цій стадії намагаються з'ясувати, чи існує проблема, визначити її ознаки, оцінити її значущість і чітко окреслити завдання.

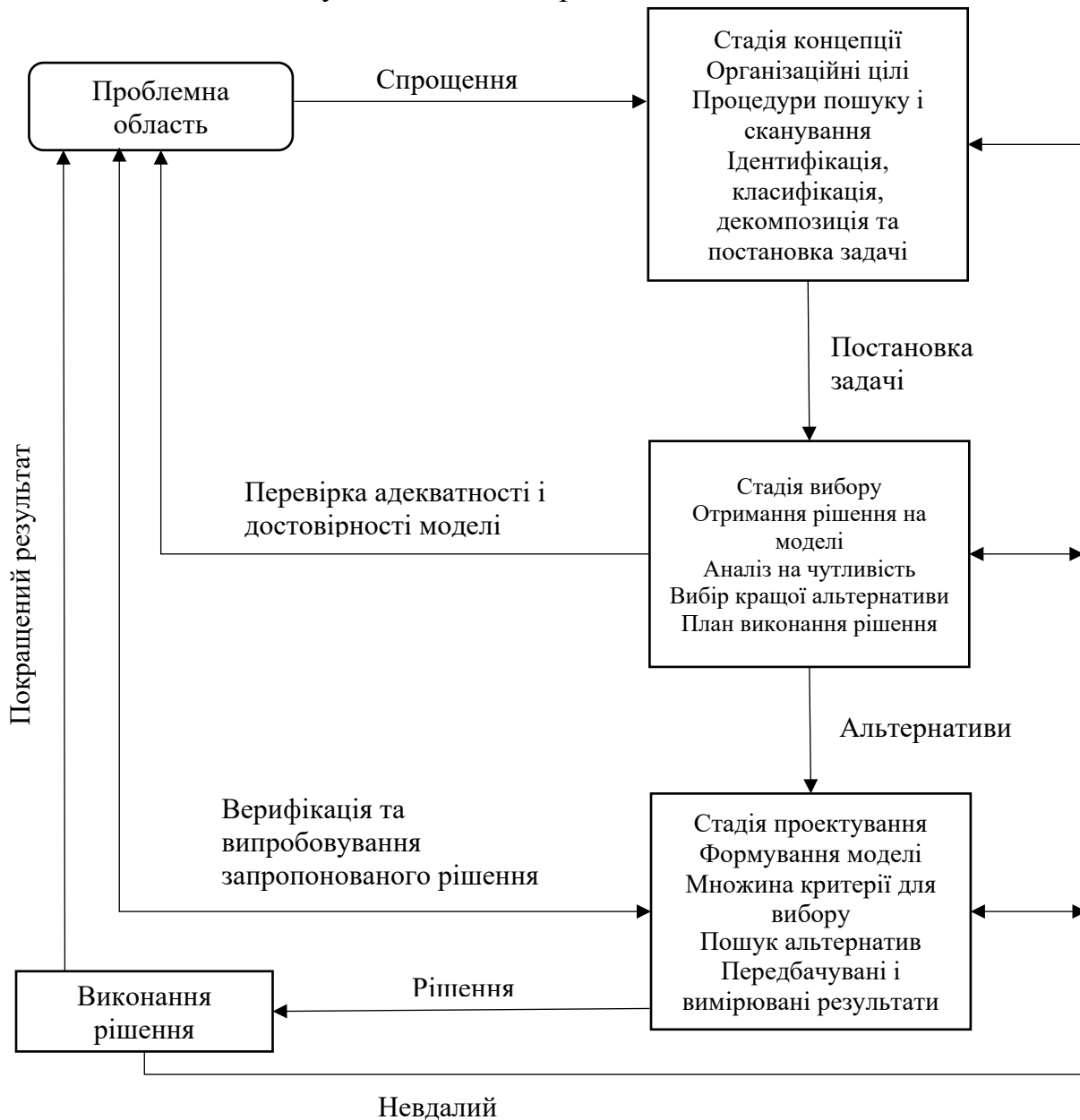


Рис. 1 Процес прийняття рішень

Часто те, що вважається проблемою, може бути лише її ознакою, оскільки реальні проблеми часто ускладнені багатьма взаємозалежними чинниками. Тому іноді важко розрізнити ознаки від справжньої проблеми.

Стадія проектування включає створення, розвиток та аналіз можливих напрямків дій. На цій стадії також будується, випробовується та перевіряється модель ситуаційного завдання. Процес моделювання охоплює концептуалізацію задачі та її абстрагування в кількісних та/або якісних формах. Для математичної моделі визначаються змінні та встановлюються рівняння, які описують їхні взаємозв'язки. Якщо потрібно, здійснюються спрощення за допомогою певних припущень. Водночас необхідно дотримуватися правильного балансу між ступенем спрощення моделі та її адекватністю в відображенні реальності.

Однак найважчі рішення – це ті, які пов'язані з невизначеністю. Рішення приймаються або в умовах визначеності, або в умовах невизначеності. Умови визначеності мають на увазі, що всі наслідки будь-якого варіанту дії відомі заздалегідь, і тому не важко сказати, яке рішення оптимальне. Умови невизначеності, навпаки, характеризуються тим, що в них не можна абсолютно впевнено передбачати наслідки своїх вчинків.

Невизначеність може бути виражена:

- імовірнісним розподілом випадкової величини;
- у вигляді суб'єктивних ймовірностей;
- у вигляді інтервальної невизначеності.

Природа невизначеності формується під впливом ряду чинників:

- багатоваріантний, імовірнісний характер та суперечливість суспільних явищ, присутність елементів випадковості;
- фактори, пов'язані з неповнотою та недостатністю інформації про об'єкт, явище або процес, обмеженістю людини у зборі та обробці інформації, а також постійною змінністю інформації;
- фактори, пов'язані з впливом науково-технічного прогресу на соціальне, економічне та політичне життя.

Отже, невизначеність включає чинники, де результати дій є детермінованими, але ступінь їх впливу залишається невідомою.

Поняття «невизначеність» тісно пов'язане з поняттям «ризик». Під ризиком розуміють ймовірність (або загрозу) втрати організацією частини своїх ресурсів, недоотримання доходів або появи додаткових втрат внаслідок здійснення певної виробничої та фінансової діяльності. Процес розробки рішень в умовах невизначеності може змінюватись в залежності від очікуваних ризиків [3, с. 543].

Найбільш значущі рішення, що приймаються в сучасних складних умовах, формулюються у стані невизначеності. Умови невизначеності існують, коли майбутнє середовище непередбачуване і все перебуває у стані зміни [4, с. 396]. Особа, яка приймає рішення, не обізнана про всі доступні альтерна-

тиви, ризики, пов'язані з кожною з них, а також про наслідки кожної альтернативи або їх ймовірності.

Важливим фактором невизначеності став COVID-19, військова агресія, під час яких особи, які приймають рішення, залежать від зовнішніх подій, що призводять до сильного стресу на робочому місці.

Можна виділити два основні види невизначеності: структурну, коли не визначений вид критерію ефективності, число певних критеріїв, їх взаємозв'язок тощо, і параметричну, коли не визначені параметри моделі, наприклад, вагові коефіцієнти критерію ефективності, або параметри обмежень, що визначають область допустимих розв'язків  $X$ . Тому при синтезі систем управління в умовах невизначеності виникають проблеми структурної і параметричної ідентифікації моделі [5, с. 176].

Наявність невизначеності при управлінні закладом вищої освіти викликає неточність у заданні змінних величин, початкових умов та критеріїв ефективності при постановці задачі управління. Оскільки можливо формалізовано уявити діяльність закладу вищої освіти, але, зазвичай, в повному обсязі не всі параметри відомі точно, причому деякі значення у принципі невідомі, має місце параметрична невизначеність. Виділимо дві ситуації:

- 1) коли параметри не відомі;
- 2) коли параметри задані нечітко.

Розглянемо детально кожну з них.

За умови, що параметри невідомі, вважатимемо, що деякий невідомий параметр  $p$  у моделі діяльності закладу вищої освіти вибирається з відповідної допустимої множини невідомих параметрів  $P$  ( $p \in P$ ) випадковим чином, відповідно до деякого заданого на множині  $P$  імовірнісного розподілу. У цьому випадку можна оцінити ймовірність настання тієї чи іншої події. Якщо ця ймовірність близька до одиниці, можна стверджувати, що досліджувана система має необхідні властивості.

З погляду практичної реалізації керуючий вплив, що базується на результатах моделювання діяльності закладу вищої освіти в умовах невизначеності, буде задовільним. Є кілька причин, які виправдовують такий підхід до усунення невизначеності:

1) при управлінні діяльністю закладу вищої освіти багато параметрів мають імовірнісну природу (прийом на перший курс, динаміка фінансування з державного бюджету, тарифна сітка тощо);

2) застосування апарату теорії ймовірності для роботи з невизначеними параметрами призводить до ототожнення фактичної невизначеності (незалежно від її природи) з випадковістю, хоча джерелом невизначеності в багатьох процесах прийняття рішень може бути нечіткість.

У випадку, коли параметри задані нечітко. На відміну від ймовірнісного підходу, що полягає у визначенні належності або неналежності деякого об'єкта до множини, поняття «нечіткість» відноситься до ситуації, коли дані можуть бути задані нечітко. У нашому випадку об'єктом управління виступає заклад вищої освіти, який є складною багаторівневою ієрархічною системою.

Для таких об'єктів опис процесу прийняття рішення з допомогою нечітких множин дає можливість адекватно відобразити сутність самого процесу прийняття рішень у нечітких умовах багаторівневої системи, і навіть оперувати з нечітко заданими обмеженнями й цілями діяльності закладу вищої освіти.

З точки зору теорії множин підмножина  $C$  з універсальної множини  $X$  однозначно визначається характеристичним функціоналом:

$$I_C(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \in C; \\ 0, & \text{якщо } x \notin C. \end{cases}$$

Підмножину  $C$  можна визначити як сукупність об'єктів, які мають деяку спільну властивість, наявність або відсутність якої у будь-якого елемента  $x$  задається характеристичним функціоналом. Причому щодо природи об'єкта немає ніяких припущень. Нечітку підмножину  $C$  множини  $X$  можна охарактеризувати функцією належності  $\mu_C: X \rightarrow [0, 1]$ , яка ставить у відповідність кожному елементу  $x \in X$  число  $\mu_C(x)$  з інтервалу  $[0, 1]$ , що характеризує ступінь належності елемента  $x$  підмножині  $C$ . Зазначимо, що 0 і 1 – це відповідно нижчий і вищий ступінь належності елемента до певної підмножини.

Розглядаючи процес прийняття рішень у закладі вищої освіти у нечітких умовах, виділимо основні елементи процесу прийняття рішень:

1. Нечітко задана мета функціонування закладу вищої освіти – це мета, описана як нечітка множина у відповідному просторі, тобто, нехай  $C$  – задана множина альтернатив, тоді нечітко задана мета  $M$  визначатиметься фіксованою нечіткою множиною  $M$  в  $C$ .

2. Так як при традиційному підході функція переваги використовується для встановлення лінійної впорядкованості на множині альтернатив, то функція належності нечіткої мети  $\mu_M(C)$  може виконувати те ж завдання.

3. Нечітко задане обмеження  $O$  у просторі  $C$  визначається як деяка нечітка множина в  $C$  [6, с. 454].

Варто зазначити, що і ціль і обмеження розглядаються як нечіткі множини у просторі альтернатив, це дає можливість при формуванні рішення не робити між ними відмінності.

Оскільки рішення є вибором однієї чи кількох альтернатив з наявних, то прийняття рішення у нечітких умовах сприймається як оцінка комплексного впливу нечіткої мети  $M$  і нечіткого обмеження  $O$  на вибір альтернатив і характеризується їх перетином, яке утворює нечітку множину рішень  $\Pi$ , тобто,  $\Pi = M \cdot O$ . Тоді функцію належності для множини рішень можна подати:

$$\mu_{\Pi}(C) = \mu_M(C) \wedge \mu_O(C).$$

Зазначена функція належності для знаходження рішення, визначена з позицій теорії нечітких множин, може розглядатися як своєрідна «інструкція», нечіткість якої виникає через неточність формулювання поставлених цілей та обмежень [7, с. 11].

При найбільш загальному підході до сукупності критеріїв функціонування закладу вищої освіти мовою теорії нечітких множин можна подати у формі максимізації ступеня допустимості та ефективності прийнятих рішень. Таким чином, як підмножину вибрано підмножину допустимих та ефективних значень параметра  $x$ , яке є нечітким для реальних закладів вищої освіти, тому що не можна однозначно сказати, що лише одне значення  $X$  є ефективним, а інші ні.

Управління діяльністю закладом вищої освіти має здійснюватися в умовах значної невизначеності інформації. У зв'язку з тим, що заклад вищої освіти є багаторівневою системою, необхідно виділити наявні рівні управління та створити на кожному рівні управління систему контролю стану процесів, що має необхідну різноманітність для цілей управління (рис. 2).

Зазначимо, що управлінські впливи на різних рівнях управління закладом вищої освіти залежатимуть від стану системи та від її близькості до критичних станів, під яким розумітимемо такий стан, коли подальше функціонування системи в межах цього рівня неможливе. Таким чином, показники стану системи характеризуватимуть ступінь відхилення стану системи від критичного стану.

Для контролю стану систем різного рівня використаємо процедуру порівняння контрольованого параметра із критичним значенням  $x_{крит}$ . Тоді можемо констатувати вихід системи з ладу (при  $x(t) > x_{крит}$ ). Однак для складних систем такий контроль не є вирішенням проблеми, оскільки дозволяє стежити за станом окремих параметрів процесу. Оскільки для закладу вищої освіти як багаторівневої системи управління, важливого значення набувають деякі критичні стани процесів, при яких управління на даному рівні стає неможливим, то необхідна розробка системи показників, що характеризують стан освітніх та наукових процесів на конкретних рівнях управління та кількісно відображена ступінь близькості системи до критичних станів з кожного процесу.

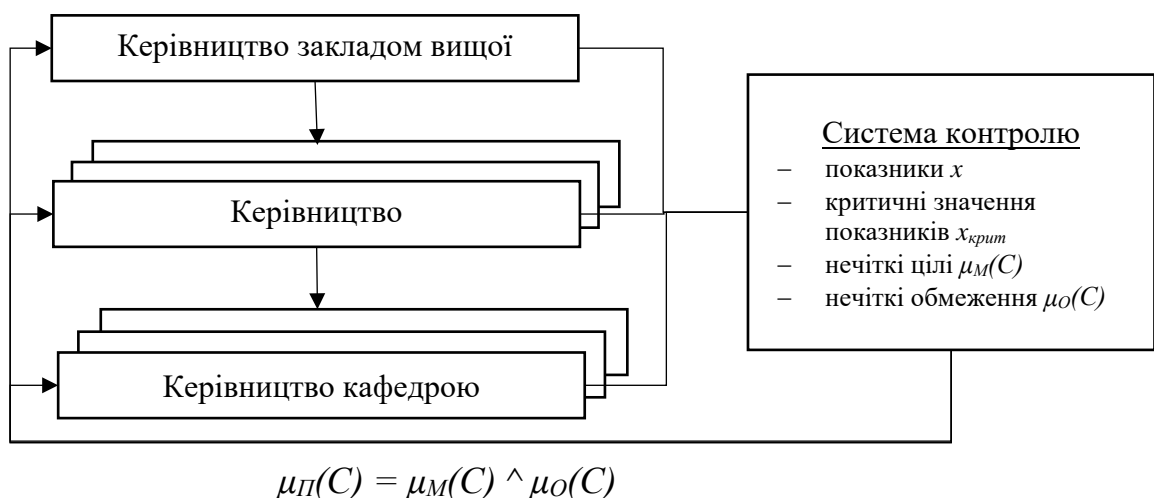


Рис. 2 Схема рівнів управління в закладі вищої освіти



Для забезпечення надійності прийнятих рішень застосовується багато-варіантний підхід, заснований на порівнянні різних можливих варіантів рішень. Процес підтримки прийняття рішень можна розділити на два етапи. Перший етап (отримання альтернатив) включає створення інформаційних моделей. На цьому етапі потрібно отримати множину альтернативних рішень, обсяг якої дозволить провести ефективний аналіз. При великому обсязі інформації виникає потреба обмежити час отримання рішень, що висуває вимоги до інформаційних моделей щодо їхньої оперативності. Другий етап (вибір альтернатив) передбачає, що особа, яка приймає рішення, використовуючи отримані моделі, формує набір рішень і вибирає з нього необхідні. На цьому етапі форми подання рішень повинні бути досить простими для подальшої реалізації та використання, що висуває додаткові вимоги до форми подання інформаційних моделей.

**Висновки.** Оцінка критичних станів дозволить вирішити такі завдання: діагностика стану системи за допомогою отримання кількісних характеристик освітніх та наукових процесів у закладі вищої освіти; оцінка ефективності управлінських впливів; прогнозування розвитку системи.

Отже, облік параметричної невизначеності при управлінні діяльністю та стратегічним розвитком закладу вищої освіти є необхідним. Застосування нечітких множин для усунення невизначеності при управлінні закладом вищої освіти дозволить підвищити ефективність управлінських рішень.

#### **Література:**

1. Рішняк І.В. Системний аналіз категорії ризику та невизначеності. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі.* 2003. № 489. С. 263–275.
2. Шафоренко І.Ю. Моделювання процесів прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності. *Актуальні питання у сучасній науці.* 2023. № 4 (10). С. 56–69.
3. Юдович А.С., Деліні М.М. Процес прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності на прикладі ТОВ «Ласуня». *Економіка і суспільство.* 2016. Вип. 7. С. 542–545. URL: <https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/06/Ekonomika-i-suspilstvo-7-2016.pdf>.
4. Актуальні проблеми прогнозування розвитку соціально-економічних систем: монографія / за ред. О.І. Черняка, П.В. Захарченка. Мелітополь : 2019. 456 с.
5. Крючковський В.В. Задачі прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія «Комп'ютерні технології».* 2010. Вип. 130. Т.143. С. 175–179.
6. Ковальчук В. М. Особливості розв'язання багатокритеріальних задач прийняття рішень у нечіткому середовищі. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка».* 2010. Вип. 14. С. 447–456.
7. Гончаренко Т. А., Михайленко В. М. Застосування методів багатовимірної аналізу даних для моделювання території під забудову. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ».* Серія: Інформатика та моделювання. 2019. № 28 (1353). С. 5–15.

**References:**

1. Rishniak, I.V. (2003). Systemnyi analiz katehorii ryzyku ta nevyznachenosti [Systemic analysis of the category of risk and non-significance]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». Informatsiini systemy ta merezhi – The Journal of Lviv Polytechnic National University «Information Systems and Networks»*, 489, 263–275 [in Ukrainian].
2. Shaforenko, I. Yu. (2023). Modeliuvannia protsesiv pryiniattia upravlinskykh rishen v umovakh nevyznachenosti [Simulation Of Administrative Decision-Making Processes In The It Industry In Conditions Of Uncertainty]. *Aktualni pytannia u suchasni nauksi – Current issues in modern science*, 4 (10), 56–69 [in Ukrainian].
3. Yudovych, A.S, & Dielini, M.M. (2016). ProtSES pryiniattia upravlinskykh rishen v umovakh nevyznachenosti na prykladi TOV «Lasunia» [The process of management decisions under uncertainty on example of «Lasunya»]. *Ekonomika i suspilstvo – Economy and Society*, 7, 542–545. URL: <https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/06/Ekonomika-i-suspilstvo-7-2016.pdf> [in Ukrainian].
4. Cherniak, O.I., & Zakharchenko, P.V. (Eds.). (2019). *Aktualni problemy prohozuvannia rozvytku sotsialno-ekonomichnykh system [Current problems of forecasting the development of social and economic systems]*. Melitopol [in Ukrainian].
5. Kriuchkovskiy, V.V. (2010). Zadachi pryiniattia rishen v umovakh ryzyku i nevyznachenosti [Decision-making tasks in conditions of risk and uncertainty]. *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu «Kyievo-Mohylianska akademiia». Serii «Kompiuterni tekhnologii» – Scientific works of the Black Sea State University named after Peter Mohyla complex "Kyiv-Mohyla Academy". Series "Computer technologies"*, 130 (143), 175–179 [in Ukrainian].
6. Kovalchuk, V.M. (2010). Osoblyvosti rozviazannia bahatokryterialnykh zadach pryiniattia rishen u nechitkomu seredovyschi [Peculiarities of solving multi-criteria decision-making problems in a fuzzy environment]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu «Ostrozka akademiia». Serii «Ekonomika» – Scientific Notes of Ostroh Academy National University, "Economics" series*, 14, 447–456 [in Ukrainian].
7. Honcharenko, T.A., & Mikhailenko, V.M. (2019). Zastosuvannia metodiv bahatovymirnoho analizu danykh dlia modeliuvannia terytorii pid zabudovu [Application of multidimensional data analysis methods for modeling of the construction site]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Serii: Informatyka ta modeliuvannia – Herald of the National Technical University "KhPI". Series of "Informatics and Modeling"*, 28 (1353), 5–15 [in Ukrainian].