

М. Медиковський, І. Цмоць, М. Подольський\*  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизованих систем управління,  
\*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЕКОНОМІКИ РЕГІОНУ

© Медиковський М., Цмоць І., Подольський М., 2013

Сформульовано вимоги, обґрунтовано принципи побудови, розроблено узагальнену архітектуру інформаційно-аналітичної системи для оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону, визначено основні функції компонентів.

**Ключові слова:** інформаційно-аналітична система, енергоефективність, бази даних, автоматизована система управління.

The requirements have been formulated, principles of construction have been grounded, the generalized information-analytical system architecture for evaluation, forecasting and energy efficiency management of regional economy has been developed, the main functions of components have been defined.

**Key words:** information-analytical system, energy efficiency, databases, automated management system.

*Вступ.* Завдання зменшення енергоємності внутрішнього валового продукту України (і його складових – валових регіональних продуктів) як одного з основних макропоказників ефективності економіки вже давно набуло особливої актуальності та потребує вирішення [1]. Для ефективного управління енергоефективністю економіки регіону (область, район, місто) доцільно використовувати інтеграцію інформаційних ресурсів автоматизованих систем управління (АСУ) територіальних органів влади і служб та організацій і установ та створювати на їх основі сучасні інформаційно-аналітичні системи. Такі інформаційно-аналітичні системи (ІАС) забезпечать оптимізацію інформаційної взаємодії територіальних органів влади і служб з організаціями і установами та управління енергоефективністю економіки на основі управлінських рішень, які ґрунтуються на комплексних об’єктивних даних [2–12]. Для формування ефективних управлінських рішень ІАС повинна забезпечувати виконання таких функцій [2, 3]:

- комплексний моніторинг показників енергоефективності територій і організацій та установ регіону у режимі реального часу;
- оцінювання стану енергоефективності діяльності організацій та установ регіону, зокрема за видами економічної діяльності;
- коротко- та довготермінове прогнозування стану енергоефективності регіону і організацій та установ;
- вироблення управлінських рішень для покращення показників енергоефективності економіки регіону.

Управлінські рішення з підвищення енергоефективності економіки повинні бути спрямовані на досягнення таких цілей:

- оптимізація структури споживання паливно-енергетичних ресурсів в напрямку зменшення частки споживання природного газу та впровадження альтернативних та відновлювальних джерел енергії;

- зменшення енергоємності виробництва одиниці продукції, виконаних робіт, наданих послуг завдяки впровадженню сучасних енергоефективних технологій;
- скорочення рівня невиробничих втрат паливно-енергетичних ресурсів;
- відносне скорочення видатків на використання паливно-енергетичних ресурсів у бюджетних установах.

Обґрунтування принципів побудови, розроблення узагальненої архітектури ІАС для оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону та визначення основних функцій компонентів проведемо на прикладі Львівської області.

### Постановка завдання

У розробленій регіональній цільовій економічній програмі енергоефективності у Львівській області на 2012–2015 роки проаналізовано стан енергоефективності економіки та визначено, що основними проблемами є [3]:

- надмірне споживання енергоресурсів через низьку енергоефективність технологій і обладнання та недосконалість схем енергопостачання;
- неефективність структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема через завищену частку споживання природного газу і недостатній обсяг використання енергії з альтернативних видів палива та відновлювальних джерел;
- низький рівень управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів та популяризації енергозбереження.

Для оцінювання енергоефективності економіки області використовуються такі показники, як валовий регіональний продукт (ВРП) та його енергоємність (ЕВРП).

ВРП визначається як сума валової доданої вартості усіх видів економічної діяльності в основних цінах, враховуючи чисті податки на продукти, вироблені в регіоні. Показниками, які застосовуються при визначенні ВРП виробничим методом, є випуск, проміжне споживання, валова додана вартість, оплата послуг фінансових посередників, податки та субсидії на продукти. Випуск – це вартість товарів і послуг, які є результатами виробничої діяльності господарюючих одиниць у звітному періоді. Проміжне споживання відображає витрати на товари та послуги, які використані господарюючими одиницями для виробничих потреб (сировину, паливо, енергію, поточний ремонт, послуги транспорту, фінансових установ тощо).

ЕВРП – узагальнюючий регіональний показник, що характеризує рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленого валового регіонального продукту. Розрахунок ЕВРП проводиться відповідно до затвердженої наказом Держенергоефективності від 21.07.11 № 63 “Методики розрахунку показників енергоємності валового регіонального продукту” і оцінюється в кг у. п./грн. ВРП.

ВРП є складовою валового внутрішнього продукту (ВВП) України, який є головним індикатором оцінювання економічного розвитку і найповнішим показником сумарного обсягу виробництва товарів та послуг країни за певний період (обчислює за міжнародною системою національних рахунків). У міжнародній практиці ЕВВП оцінюється в кг нафтового еквіваленту (кг н. е. – теплота згоряння 10000 ккал/кг, або 41,87 МДж/кг) на 1 \$ США ВВП. Для внутрішнього використання ЕВВП оцінюється в кг умовного палива (кг у. п. – теплота згоряння 7000 ккал/кг, або 29,3 МДж/кг) на 1 грн. ВВП. Енергоємність світового ВВП та ВВП України за період з 2000 р. по 2010 р. наведено в табл. 1 [3].

Таблиця 1

**Енергоємність світового ВВП та ВВП України (кг.н.е./\$)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Світ	0,291	0,296	0,290	0,267	0,248	0,237	0,224	0,204	0,188	0,196	0,190
Україна	0,836	0,746	0,686	0,626	0,552	0,518	0,472	0,418	0,391	0,387	0,390

Рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленої валової регіональної доданої вартості характеризує показник енергоємності валової регіональної доданої вартості (ЕВРДВ).

Структуру енергоємності ВРП Львівської області у 2010 р. за видами енергетичних матеріалів [3] наведено на рис. 1.

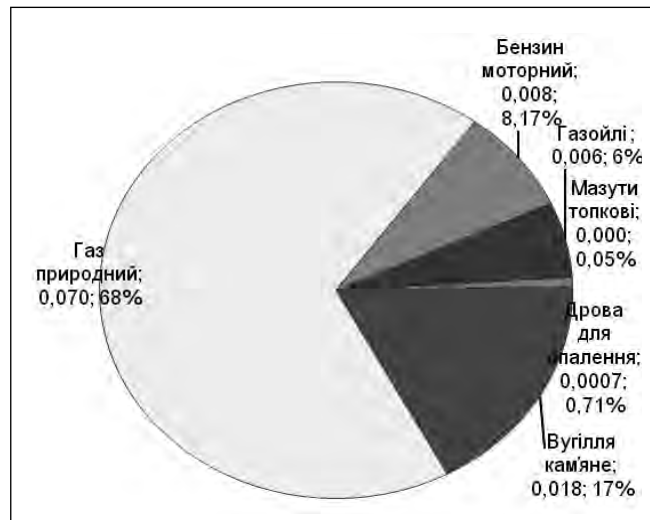


Рис. 1. Структура енергоємності ВРП Львівської області у 2010 р. за видами енергетичних матеріалів

У Львівській області за видами економічної діяльності у період з 2005 по 2010 спостерігалась така динаміка зміни енергоємності доданої вартості ВРП (рис. 2) [3].

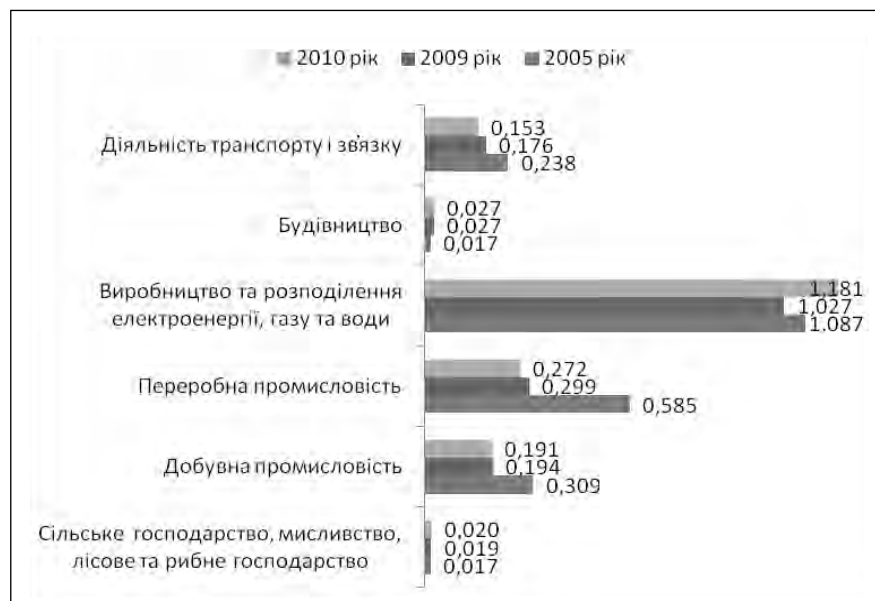


Рис. 2. Динаміка зміни енергоємності доданої вартості ВРП у Львівській області за видами економічної діяльності

Оцінювання енергоємності ВРП на рис. 1 і 2 здійснюється у кг у.п./грн. Дані табл. 1, рис. 1 і 2 відображають невідповідність показників енергоефективності економіки України і Львівської області аналогічним показникам економічно розвинених країн. Підвищити енергоефективність економіки Львівської області можна завдяки виконанню таких завдань:

1. Зменшення обсягу технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів шляхом модернізації схем енергопостачання, модернізації обладнання, впровадження сучасних енергоефективних технологій, а саме:

- зниження енергоємності регіонального виробництва одиниці продукції, виконання робіт, надання послуг, регіонального валового продукту, зокрема за видами економічної діяльності;

- оптимізація схем енергопостачання та зменшення втрат паливно-енергетичних ресурсів;
- модернізація комунальних систем тепlopостачання та автономного теплозабезпечення об'єктів бюджетної сфери.

2. Оптимізація структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема заміщення традиційних видів енергоресурсів іншими видами, в тому числі з відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива, а саме:

- оптимізація структури споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- визначення технічного потенціалу та заміщення традиційних видів енергоресурсів за рахунок використання відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива;
- реалізація комплексних енергоефективних проектів.

3. Вдосконалення системи регіонального управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів, а саме:

- розроблення ІАС оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки області;
- проведення енергоаудиту та впровадження енергетичного менеджменту за показниками енергоємності регіонального валового продукту, зокрема за галузевим розподілом;
- підвищення кваліфікації кадрів у галузі енергоефективності (навчальні курси, семінари, конференції) та реалізація заходів із енергозбереження.

### Розв'язання задачі

*Узагальнена архітектура ІАС.* Однією із основних задач ІАС оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону є інтеграція функцій керування організаційно-економічними та технологічними процесами в організаціях і установах. Для забезпечення цих функцій пропонується ієрархічна структура управління енергоефективністю економіки області, основним компонентом якої є ІАС [2, 9]. Узагальнену структуру управління енергоефективністю економіки області на основі ІАС наведено на рис. 3, де ІАСАУ – інтегрована АСУ організації, ФГАД – фінансова, господарська та адміністративна діяльність.

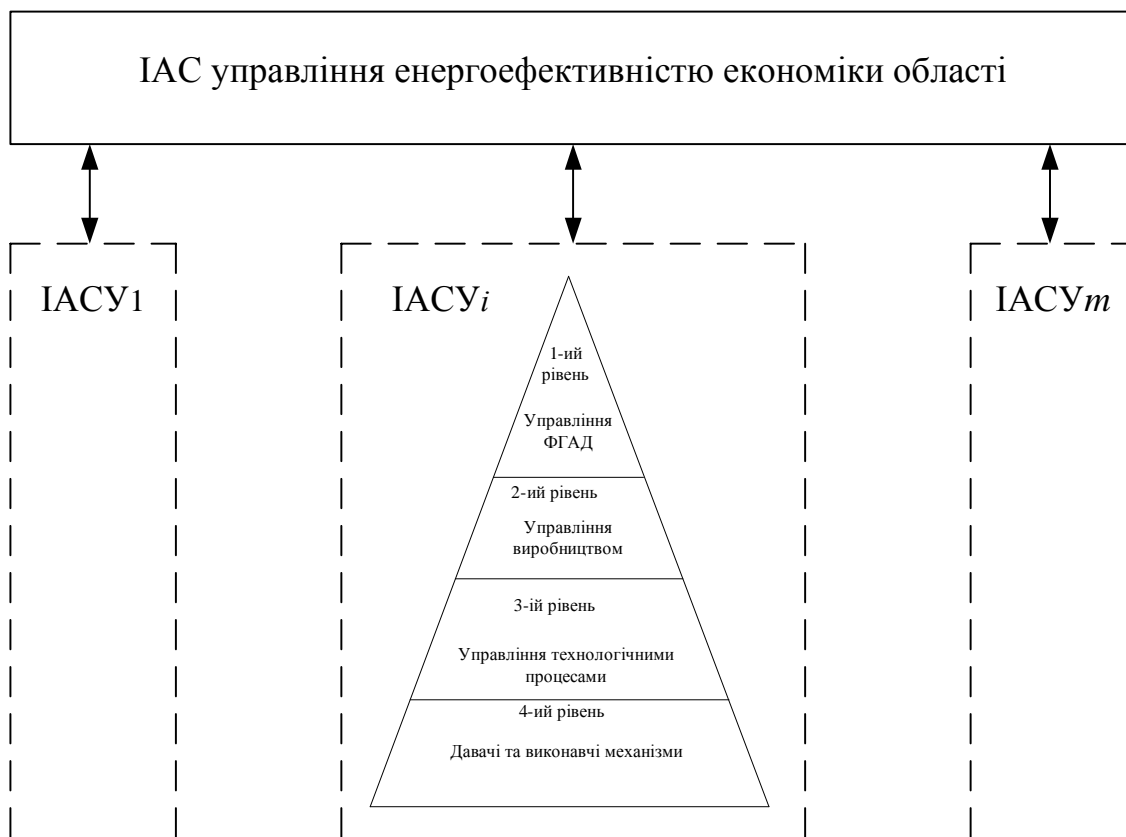


Рис. 3. Узагальнена структура управління енергоефективністю економіки області

Кожна ІСАУ організацій побудована у вигляді ієрархічної 4-рівневої структури, в якій першим рівнем є управління ФГАД. На цьому рівні управління здійснюють планування та аналіз виробничої діяльності організації з використанням програмних засобів IRP – Intelligent Resource Planning (системи інтелектуального планування), ERP – Enterprise Resource Planning (планування ресурсів підприємства) і MRP – Material Requirements Planning (системи планування потреб в матеріалах).

Другий рівень управління забезпечує управління виробництвом, для чого використовують програмні засоби MES – Manufacturing Execution Systems (системи управління виробничими процесами), які використовуються для синхронізації, координації, аналізу та оптимізації випуску продукції.

Третій рівень управління пов'язаний з управлінням технологічними процесами та контролем і управлінням параметрами енергоспоживання. Для розв'язання цих задач використовують системи SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління та збирання даних) і АСКОВЕ – автоматизована система контролю якості та обліку споживання електроенергії. Система SCADA, як правило, використовується для створення інтерфейсу оператора та збирання даних виробничого процесу. Для контролю та управління параметрами споживання електроенергії використовується інструментальне забезпечення, яке є сукупністю пристроїв, каналів зв'язку, алгоритмічно-програмних засобів. Особливістю управління параметрами споживання електроенергії на цьому рівні є використання економічного методу управління. Особливістю цього методу управління є те, що за ним розглядають енергоспоживання як головний ланцюжок управління ринком електроенергії, який, своєю чергою, є сукупністю технологічного процесу, обліково-фінансового процесу енергоспоживання, а також політично-економічного процесу. За економічного методу управління енергоспоживанням використовують: диференційовані за часом доби тарифи; оперативний контроль за електроспоживанням з боку як енергосистеми, так і споживача; безпосереднє управління навантаженням організації для вирівнювання графіка.

Четвертий рівень управління пов'язаний безпосередньо з управлінням агрегатами, апаратами, установками та виконавчими механізмами. Цей рівень управління характеризується використанням програмних засобів DCS – Distributed Control System (розподілена система керування) та PLC – Programmable Logic Controller (програмований логічний контролер). На цьому рівні управління широко використовується розподілена система введення/виведення та децентралізована обробка даних з використанням PLC.

У такій структурі управління енергоефективністю економіки області особлива увага приділяється ІАС, яка використовує інформаційні ресурси існуючих АСУ організацій і установ і повинна забезпечувати формування ефективних управлінських рішень. При використанні інформаційних ресурсів існуючих АСУ організацій і установ однією із основних проблем є підтримка різних форматів даних, а також їх кодування. Цю проблему вирішують створенням на основі баз даних і СУБД інтегрованих предметно-орієнтованих сховищ даних. В основу концепції сховищ даних покладено ідею поділу даних, які використовуються для оперативного аналізу та для розв'язання задач інтелектуального аналізу. Крім того, в сховище даних входить база знань, в якій зберігається накопичений попередній досвід експлуатації ІАС. Для інтеграції даних на рівні організацій використовуються простори даних, управління якими здійснюється на базі платформи підтримки просторів даних DSSP (DataSpace Support Platforms). На основі Web-технологій розробляються засоби доступу до даних на всіх ієрархічних рівнях управління.

**Формування вимог і вибір принципів розроблення інформаційно-аналітичної системи.** Розробляти ІАС доцільно на основі інтегрованого підходу та компонентно-орієнтованої технології. В межах цієї технології розробляються компоненти ІАС, які інтегрують функції керування технологічними та організаційно-економічними процесами економіки області. Використання інтегрованого підходу, який охоплює сучасні методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень забезпечує підвищення якості, зменшення вартості та часу проектування [2, 4, 12].

Для забезпечення управління енергоефективністю економіки області ІАС повинна здійснювати:

- збирання, архівацію та попереднє оцінювання даних;
- формування звітів організацій і установ з енергоефективності, а також мати засоби для створення шаблонів таких звітів;

- інтеграцію різноманітних даних за допомогою баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, доступ до яких здійснюється засобами Web-технологій;
- захист даних від несанкціонованого доступу;
- електронне документування;
- оперативна і інтелектуальна обробка даних, моделювання;
- дослідження даних на предмет зменшення обсягу технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів;
- аналітичне оцінювання та прогнозування енергоефективності економіки області;
- оптимізацію структури споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- візуалізацію багатовимірних даних, представлення даних і результатів обробки у вигляді графіків і діаграм;
- вдосконалення системи регіонального управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів;
- автоматизацію підготовки, контролю та виконання управлінських рішень.

Розробляти ІАС оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки області пропонується за принципами [12]:

- системності, коли між компонентами ІАС утворюються такі зв'язки, що забезпечують цільність і взаємодію з іншими системами;
- змінного складу обладнання, що передбачає наявність ядра ІАС та змінних програмно-апаратних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;
- модульності, що передбачає розроблення компонентів ІАС у вигляді функціонально завершених модулів з виходом на стандартний інтерфейс;
- відкритості, за якого ІАС створюється із врахуванням можливості поповнення і оновлення функцій без порушення її функціонування;
- сумісності, який передбачає використання інформаційно-технологічних інтерфейсів, завдяки яким ІАС може взаємодіяти з іншими системами;
- використання для розроблення ІАС комплексу базових проектних рішень.

#### ***Розроблення структури ІАС управління енергоефективністю економіки області.***

Розроблятимемо ІАС управління енергоефективністю економіки області на основі компонентно-орієнтованої технології, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне) [4]. Для реалізації цієї технології використовується метод декомпозиції, який передбачає розбиття ІАС на окремі компоненти. На кожному рівні ієрархії розв'язуються задачі відповідної складності, які характеризуються як одиницями інформації, так і алгоритмами обробки. За складністю розв'язувані задачі поділяються на три ієрархічні рівні. Збільшенню номера рівня ієрархії відповідає збільшення деталізації алгоритмічних, апаратних і програмних засобів. При цьому на вищих рівнях ієрархії одиниці інформації, алгоритми, програмні та апаратні засоби являють собою впорядковані сукупності одиниць інформації та композиції алгоритмів, програмних і апаратних засобів нижчих рівнів ієрархії (табл. 2). Методологія послідовної декомпозиції, яку використовують для розроблення ІАС, відображає процес розроблення “згори донизу” [2, 4].

На першому ієрархічному рівні ІАС розв'язуються системні задачі управління енергоефективністю економіки області. Цей рівень позначимо як  $C_{ІАС}^1$ , де одиниця означає перший рівень ієрархії.

Таблиця 2

#### **Рівні та види розробок ІАС**

Ієрархічний рівень	Види забезпечення та виконувані розробки		
	Алгоритмічне	Апаратне	Програмне
1-й	Алгоритми функціонування ІАС	Структура апаратних засобів ІАС	Структура програмних засобів ІАС
2-й	Алгоритми функціонування підсистем	Структура апаратних засобів підсистем	Структура програмного забезпечення підсистем
3-й	Алгоритми роботи модулів	Схеми апаратних модулів	Програмні модулі

Другий рівень ієрархії ІАС становлять підсистеми: 1 – реєстрації, збирання та попередньої обробки даних; 2 – збереження даних; 3 – аналітичної обробки даних; 4 – прийняття рішень.

Третій ієрархічний рівень становлять апаратні та програмні модулі, які реалізують основні алгоритми роботи обробки даних.

Компонентно-ієрархічну структуру ІАС можна описати за допомогою такого виразу:

$$C_{IAC}^1 = \bigcup_{i=1}^n C_{IAC}^{2i} \bigcup_{j=1}^m C_{IAC}^{3j},$$

де  $C_{IAC}^{2i}$ ,  $C_{IAC}^{3j}$  – засоби відповідно другого та третього ієрархічних рівнів;  $n$  – кількість типів підсистем;  $m$  – кількість типів апаратно-програмних модулів.

Алгоритми роботи апаратно-програмних засобів на кожному рівні ієрархії подаються у вигляді функціональних графів  $F = (\Phi, \Gamma)$ , де  $\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$  – множина функціональних операторів,  $\Gamma$  – закон відображення зв'язків між операторами  $[\ ]$ . Таке подання дає змогу сформулювати список алгоритмів і визначити доцільність реалізації їх програмними або апаратними засобами.

Обробка семантично неузгоджених даних потребує застосування різноманітних інформаційних технологій. Тому в ІАС управління енергоефективністю економіки області доцільно використовувати інтегровану інформаційну технологію обробки інформації:

$$IT_{SFC} = \{IT_{DW}, IT_{WEB}, IT_{ITSM}, IT_{OLAP}, IT_{EDMS}, IT_{DM}, IT_{KDD}\},$$

де ITDW – технологія інформаційних сховищ (Data Warehouse); ITWEB – WEB-технології; ITITSM – управління IT-послугами (IT Service Management); ITOLAP – технологія оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing); ITEDMS – технологія автоматизації ділових процесів (EDMS – Enterprise Document Management System); ITDM – технологія інтелектуального аналізу даних (DM – Data Mining); ITKDD – технологія, яка формує з даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей та законів (KDD – knowledge discovery in databases).

На основі проведеного аналізу задач і засобів розроблено структуру ІАС оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки області (рис. 4), де СУБД – системи управління базами даних. Основними структурними одиницями ІАС є підсистеми: збирання та попереднього опрацювання даних; збереження даних; аналітичної обробки даних; підтримки прийняття рішень.

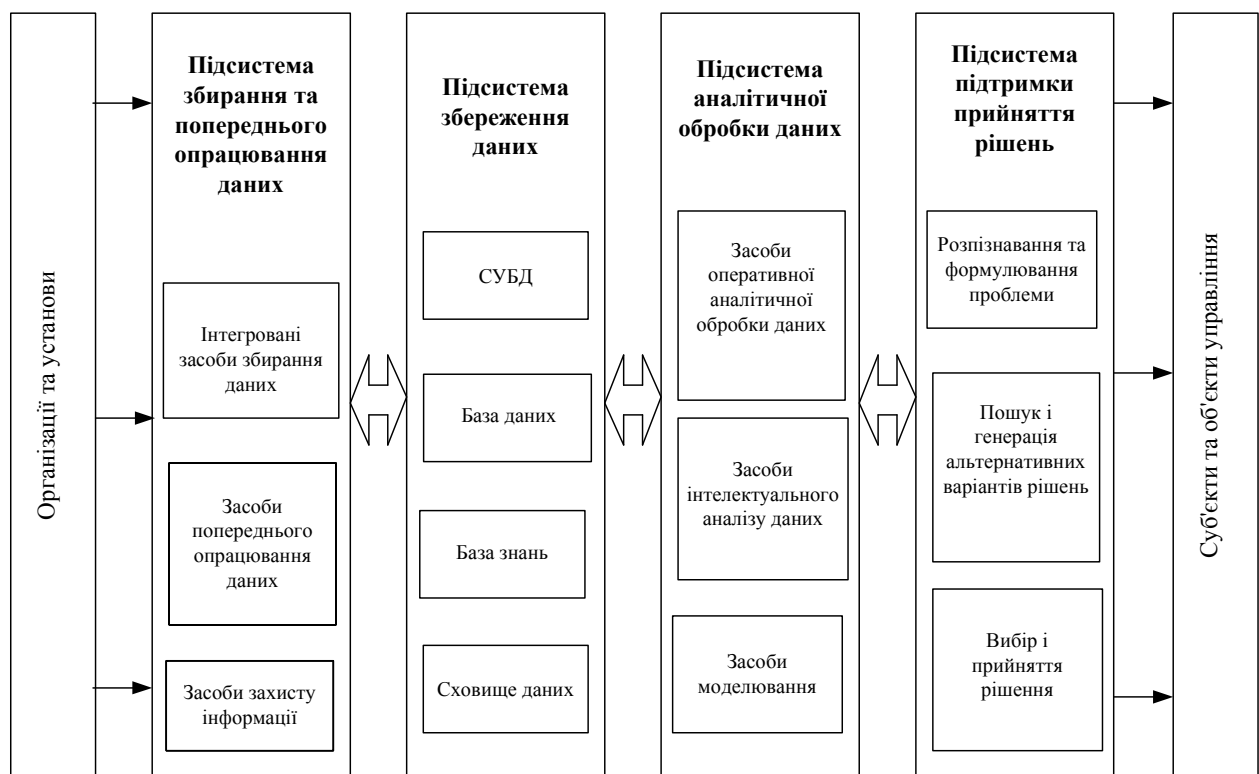


Рис. 4. Структура ІАС оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки області

*Підсистема збирання та попереднього опрацювання даних.* Підсистема збирання та попереднього опрацювання даних повинна виконувати такі функції:

- збирання неопрацьованих даних;
- передавання даних від одного джерела до іншого;
- перетворення даних з однієї форми на іншу;
- збереження даних;
- пошук даних;
- формування даних чи інформації в зручному для користувача вигляді.

Дані, які використовуються АІС, можна класифікувати двома способами. Перший спосіб – за розміщенням джерела інформації, другий – за їх призначенням. За першим способом інформацію поділяють на внутрішню та зовнішню.

Внутрішню інформацію, своєю чергою, можна поділити на три групи: перша – інформація про виробництво (динаміка виробництва, реальний рівень завантаження виробничих потужностей, темп оновлення основних виробничих фондів, ритмічність виробничого процесу, структура та технологічний рівень обладнання та ін.); друга – інформація про трудові ресурси (кількість працівників, кваліфікація, плинність кадрів, стаж роботи, вік працівників, фонд оплати праці та його структура, витрати на навчання кадрів, моральний стан, рівень травматизму, загальний рівень культури на підприємстві та ін.); третя – внутрішня фінансова інформація (дані із бухгалтерського балансу про доходи, витрати, необоротні та оборотні активи, собівартість реалізованої продукції, фінансові результати від операційної діяльності.).

Зовнішню інформацію також можна поділити на такі групи: ринкова інформація (аналіз тенденцій на внутрішніх і світових ринках); інформація про конкурентів; макроекономічна та геополітична інформація; інформація про постачальників; зовнішня фінансова інформація (валютні курси, динаміка курсів акцій, рух на ринку капіталів тощо); інформація про регулювання і податки.

Зовнішня і внутрішня інформація може бути первинною, отриманою в результаті дослідження чи аналізу, або вторинною, отриманою із наявних уже джерел.

АІС використовують інформацію для таких цілей: збільшення прибутку та розширення ринків; зниження ризиків і зменшення невизначеності; отримання засобів дії на конкурентів; контролю оцінки, прогнозування та управління енергоефективністю організацій. Із розглянутих цілей найважливішою є збільшення енергоефективності кожної організації та установи.

Для ефективної роботи АІС необхідний доступ до інформації як від зовнішнього середовища, так і від внутрішніх джерел. Вводити дані в АІС можна за допомогою інтегрованих засобів збирання даних, які повинні забезпечувати [2, 6]:

- автоматизоване переведення документів з паперових носіїв в електронну форму;
- реєстрацію, облік всього обсягу вхідних, вихідних та внутрішніх документів;
- первинну обробку та реєстрацію документів;
- оперативний пошук документів і пошук документів за запитом за атрибутами документа (реєстраційний номер, дата, автори, виконавці тощо), ключовими словами та описами фрагментів документів;
- інтеграцію і взаємодію з e-mail, файловою системами та Web-технологіями;
- підтримку різних джерел надходження інформації;
- захист від несанкціонованого доступу.

*Підсистема збереження даних* орієнтована на надійне зберігання великих обсягів даних, для чого використовуються засоби збереження даних, які складаються з двох основних частин: бази даних і СУБД. Дані в підсистемі можуть зберігатися в різних базах даних і під час їх аналізу можуть виникати проблеми з підтримкою різних форматів даних, а також з їх кодуванням. Ця проблема вирішується шляхом створення сховищ даних, які є предметно-орієнтованими, інтегрованими та незмінними, які підтримують хронологію набору даних. В основу концепції сховищ даних покладено ідею поділу даних, які використовуються для оперативного аналізу та для розв'язання задач інтелектуального аналізу. Крім того, до підсистеми збереження входить база знань, в якій зберігається накопичений досвід управління енергоефективністю.



*Підсистема аналітичної обробки даних* використовує такі засоби: оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing), інтелектуального аналізу даних (ІАД – Data Mining) та моделювання.

Методи та засоби оперативної аналітичної обробки даних ґрунтуються на використанні класичних статистичних підходів, усереднених показниках, на підставі яких здійснюють перевірку заздалегідь сформульованих гіпотез і “грубий” розвідницький аналіз. Стандартні статичні методи відкидають нетипові спостереження – так звані піки та сплески, хоча така інформація може становити самостійний інтерес для дослідження, характеризуючи деякі важливі явища. Аналіз і докладний розгляд таких спостережень є корисним для розуміння сутності досліджуваних об’єктів чи явищ [5, 6].

В основу концепції OLAP покладено багатовимірне представлення даних шляхом побудови багатовимірних таблиць, які можуть бути доступними для запитів користувачів. Ці багатовимірні таблиці будуються на основі вхідних даних і зберігаються у вигляді як реляційних, так і багатовимірних баз даних. Використовуючи OLAP, користувач може здійснювати гнучкий перегляд інформації, отримувати різні зрізи даних, виконувати аналітичні операції деталізації, згортки, наскрізний розподіл та порівняння в часі. Сьогодні використовується значна кількість OLAP-засобів, які відрізняються за способом зберігання даних, за місцем знаходження і за ступенем готовності до застосування.

Головними задачами ІАД є: пошук функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних; знаходження прихованих правил і закономірностей; побудова моделей і правил, які характеризують стан або прогнозують розвиток певних процесів. У загальному випадку процес ІАД поділяється на такі стадії:

- виявлення закономірностей (вільний пошук);
- використання виявлених закономірностей для передбачення невідомих значень (прогностичне моделювання);
- аналіз виключень, призначений для виявлення і тлумачення аномалій у знайдених закономірностях.

Залежно від принципів роботи з початковими навчальними даними всі методи ІАД можна поділити на дві великі групи, які ґрунтуються на [6]:

- безпосередньому використанні навчальних даних;
- використанні даних, що добуваються із первинних даних і перетворюються на деякі формальні конструкції.

Методи першої групи використовуються на стадіях прогностичного моделювання і аналізу виключень. До цієї групи методів належать: кластерний аналіз, метод ближнього сусіда, метод к-ближнього сусіда, суджень за аналогією. До другої групи методів належать: логічні методи (генетичні алгоритми, дерева рішень, нечіткі запити та аналізи, символічні правила); методи візуалізації; методи крос-табуляції (агенти, байссівські мережі, крос-таблична візуалізація); методи, що ґрунтуються на рівняннях (статистичні методи і нейронні мережі).

Моделювання є важливим засобом розв’язання багатьох завдань, зокрема, аналітичного дослідження енергоефективності організацій. Модель є спрощеним представленням реального об’єкта, процесу або явища. Моделювання – це процес представлення об’єкта дослідження адекватною йому моделлю та проведення експериментів з моделлю для отримання інформації про досліджуваний об’єкт. За допомогою моделей в ІАС виявляється корисна, раніше не відома інформація, яка використовується для прийняття рішень. Моделі можуть бути записані у вигляді зображень, схем, математичних формул і т. д. [12]. Найпростіший формальний опис моделі здійснюється за допомогою такої функціональної залежності:

$$Y = f(x_1, \dots, x_n, z_1, \dots, z_m, w_1, \dots, w_k),$$

де  $Y$  – залежна або цільова перемінна;  $x_1, \dots, x_n$  – незалежні перемінні, які є внутрішніми характеристиками об’єкта дослідження;  $z_1, \dots, z_m$  – незалежні перемінні, які є зовнішніми факторами, які впливають на об’єкт дослідження;  $w_1, \dots, w_k$  – невраховані характеристики або фактори.

Перевагою використання моделей для дослідження енергоефективності організацій є простота моделі порівняно з реальним процесом. При цьому моделі дозволяють виділити в об’єкті

найсуттєвіші фактори з погляду мети дослідження. Розроблені моделі можуть мати різну складність, яка залежить від використовуваних методів, а також від складності досліджуваного об'єкта.

Моделі, які використовуються в ІАС, можна класифікувати залежно від характеристик досліджуваного об'єкта так [5,12]:

- динамічні (об'єкти, які змінюються в часі) і статичні;
- стохастичні і детерміновані;
- неперервні і дискретні;
- лінійні і нелінійні;
- статистичні, експертні, побудовані за методами Data Mining;
- прогнозуючі, класифікаційні і описові.

Моделі, які використовуються в ІАС, попередньо перевіряються на достовірність (адекватність) шляхом тестування, яке зводиться до проведення множини експериментів. При тестуванні моделі на вхід подаються вибірки різного обсягу. Перевірка моделі передбачає визначення міри, якою вона реально допомагає менеджеру приймати рішення.

У випадку, коли розроблено декілька різних моделей, їх вибирають на основі характеристик і оцінок, а також думок експертів. Основні характеристики моделі, які враховуються при її виборі – це точність і ефективність роботи алгоритму. Після тестування, оцінювання та вибору моделі настає етап застосування. На цьому етапі вибрану модель використовують стосовно нових даних з метою розв'язання поставлених задач.

*Підсистема підтримки прийняття рішень.* Проблема прийняття рішень в інформаційній ІАС має такі загальні риси [5,6]:

- неповторність ситуації вибору;
- складний для оцінювання характер розглядуваних альтернатив;
- невизначеність післядій;
- множина різноманітних факторів, які необхідно враховувати під час прийняття рішень;
- наявність особи або групи осіб, які відповідають за прийняття рішень.

Проблеми прийняття рішень в ІАС можна поділити на такі три класи:

- перший – добре структуровані, формалізовані та кількісно сформульовані проблеми;
- другий – неструктуровані, неформалізовані та якісно виражені проблеми;
- третій – слабоструктуровані та змішані проблеми, що мають як кількісні, так і якісні елементи.

В ІАС підсистема прийняття рішень виконує такі функції:

- допомагає менеджеру оцінити ситуацію, вибрати критерії та оцінити їх відносну важливість;
- генерує можливі рішення та сценарії дій;
- оцінює та вибирає рішення і сценарії;
- забезпечує постійний обмін інформацією та її узгодження про процес прийняття рішень;
- моделювання та аналіз можливих наслідків прийнятих рішень;
- оцінює реалізацію прийнятих рішень і за їх результатами проводить донавчання.

Підсистема підтримки рішень має володіти потенційною можливістю автоматизації процедури прийняття рішень, але прийняті системою рішення повинні бути зрозумілими для людини. Для досягнення необхідного рівня обґрунтованості управлінських рішень сама процедура ухвалення рішень повинна бути прозорою і відкритою для обговорення й аналізу. Результатами роботи підсистеми підтримки рішень є висновок про шляхи підвищення енергоефективності економіки області. Задачу прийняття рішень в умовах невизначеності переважно формулюють як задачу пошуку найкращого рішення з множини допустимих. Основною вхідною інформацією для розв'язання таких задач є функція втрат, яка залежить від двох аргументів: рішення та ситуації. Розв'язування задачі прийняття рішень полягає в перетворенні функції втрат на функцію підвищення енергоефективності економіки області. Спосіб такого перетворення неоднозначний і залежить від критерію підвищення енергоефективності регіону, який вибрало керівництво [6].

Для прийняття рішень в умовах невизначеності вхідну інформацію задають у вигляді матриці, рядки якої відповідають можливим альтернативам, а стовпці – станам організацій. Кожній альтернативі та кожному стану організації відповідає результат (наслідок), який визначає виграш (або втрати) при виборі даної альтернативи й реалізації даного стану. Отже, якщо  $a_i$  представляє альтернативу  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ),  $S_j$  представляє можливий стан  $j$  ( $j = 1, \dots, m$ ), то  $V(a_i, S_j)$  описує відповідний результат. Під час розгляду критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності використовується така матриця:

$$\begin{array}{c|ccc}
 & S_1 & \dots & S_m \\
 \hline
 a_1 & V(a_1, S_1) & \dots & V(a_1, S_m) \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 a_n & V(a_n, S_1) & \dots & V(a_n, S_m)
 \end{array} \quad (1)$$

Задача вибору альтернативи зводиться до вибору рядка матриці. Для розв'язання такої задачі використовуються різні критерії: Лапласа, Вальда, Севіджа, Гурвіца, Байєса та інші. Необхідно зауважити, що вибір критерію для прийняття управлінських рішень і визначення його параметрів належить до складних задач підсистеми прийняття рішень. У більшості практичних випадків ІАС має справу з неповною і неточною інформацією. Існує множина джерел невизначеності, які можна поділити на дві категорії: недостатньо повне знання предметної області та недостатня інформація про конкретну ситуацію. Традиційно для розв'язання задач в умовах невизначеності застосовувалися ймовірно-статистичні методи, використання яких обмежується тим, що ці методи вимагають врахування великого обсягу різномірної, інколи суперечливої інформації та факторів, які мають не статистичну природу. Нехтування цими обмеженнями веде до неадекватних і неправильних рішень. Сучасним математичним апаратом, який дає змогу знизити рівень невизначеності вихідної інформації при прийнятті управлінських рішень, є теорія нечітких множин. Одним із методів, який можна використати у підсистемі підтримки рішень, є встановлення ваг альтернатив  $a_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ), а саме знаходження власних значень матриці (1).

Функціонує ІАС за логікою чотирикутника управління (рис. 5).

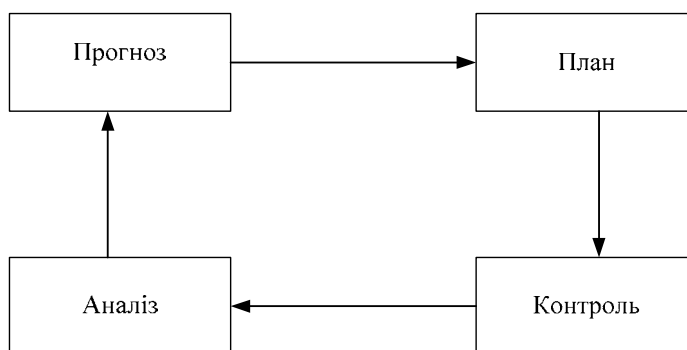


Рис. 5. Чотирикутник управління енергоефективністю економіки регіону

Управління енергоефективністю економіки регіону за допомогою ІАС може починатися як із прогнозування, так і з планування.

## Висновки

1. Розроблення компонентів і синтез архітектури ІАС доцільно здійснювати за інтегрованим підходом, який охоплює інформаційні технології, методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень і ґрунтується на таких принципах побудови: системності, змінного складу обладнання, модульності, відкритості, сумісності та використання комплексу базових проектних рішень.

2. Для забезпечення прогнозування та пошуку неочевидних закономірностей доцільно традиційні методи оперативної аналітичної обробки доповнювати методами інтелектуального аналізу даних.

3. Основними проблемами низької енергоефективності економіки Львівської області є: надмірне споживання енергоресурсів через низьку енергоефективність технологій і обладнання та недосконалість схем енергопостачання; неефективність структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема через завищену частку споживання природного газу і недостатній обсяг використання енергії з альтернативних видів палива та відновлюваних джерел; низький рівень управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів та популяризації енергозбереження.

4. Розробляти ІАС управління енергоефективністю економіки регіону доцільно на основі компонентно-орієнтованої технології, яка передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне).

1. *Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку / С.Ф. Єрмілов, В.М. Геєць, Ю.П. Яценко, В.В. Григоровський, В.Е. Лір та ін. / Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році. – К., НАЕР, 2009. – 93 с.*

2. *Медиковський М.О., Демида Б.А, Цмоць І.Г. Принципи побудови інтегрованих автоматизованих систем управління // Збірник наукових праць міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI’2012”. – Євпаторія, 2012. – С. 125–127.*

3. *Регіональна цільова економічна програма енергоефективності у Львівській області на 2012–2015 роки. <http://loda.gov.ua/>*

4. *Цмоць І.Г. Інформаційні технології та спеціалізовані засоби обробки сигналів і зображень у реальному часі. – Львів: УАД, 2005. – 227 с.*

5. *Тарасов В.А., Герасимов Б.М., Левин І.А., Корнейчук В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.*

6. *С.П. Кулицький. Основи організації інформаційної діяльності у сфері управління: навч. посібник. – К.: МАУП, 2002. – 224 с.*

7. *Шаховська Н.Б. Програмне та алгоритмічне забезпечення сховищ та просторів даних. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 196 с.*

7. *Нейронные сети / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1103 с.*

8. *Чубакова І.А. Data Mining: учеб. пособие. – БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 382 с.*

9. *Метод застосування стандарту ОРС при синтезі систем управління / М. Медиковський, О. Шуневич // Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – Львів, 2010. – № 663.*

10. *Багатокритеріальний метод оцінювання ефективності вітроенергетичної установки / М.О. Медиковський, О.Б. Шуневич // Вісник інженерної академії України. – К., 2010.*

11. *Нечітка логіка в моделюванні енергодинамічних режимів / О.Б. Шуневич, М.О. Медиковський // Мат-ли II Міжн. наук.-практ. конф. “Обробка сигналів і негауссівських процесів”, 25–29 трав. 2009 р. – Черкаси: тези доп. / Черк. держ. техн. ун-т, 2009. – С. 255–256.*

12. *Моделювання енергодинамічних процесів у системах відновлюваної енергетики / М.О. Медиковський, О.Б. Шуневич // Автоматика-2010: 17 міжнар. конф. з авт. управл., 27–29 вер. 2010 р., Харків: тези доп. / Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. – Х., 2010.*