

The designing of efficient transporting grain technologies from combine-harvester in large farms from standpoint of system information-analytical researches inductive technologies and mathematical modeling of complex systems are considered. The use of approaches, tools and findings in modeling blocks of computer integrated consulting systems are proposed.

Logistics technology, combine harvester, system-analytical research, inductive approach, modeling.

УДК 004.94:658.01

СИСТЕМНО-АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА

***В.В. Осипенко, кандидат технічних наук,
С.Г. Фришев, доктор технічних наук,
С.І. Козупиця, кандидат технічних наук***

У статті наведені концептуальні засади створення системної технології конструювання логістичних схем збирання й транспортування урожаю зернових культур. Такі схеми є у свою чергу технологіями. Подано інформацію й обґрунтування стосовно доцільності й ефективності застосування найсучасніших індуктивних процедур системних інформаційно-аналітичних досліджень до вирішення поставленої проблеми.

Логістична технологія, зернозбиральний комбайн, системно-аналітичне дослідження, моделювання.

Постановка проблеми. Імовірнісний характер збирально-транспортного процесу обумовлює простоті комбайнів і автомобілів під час збирання урожаю зернових культур і застосування прямих перевезень. Так, при відстані перевезень 8-9 км і оптимальних поєднаннях кількості збиральних машин і автомобілів простоті комбайнів в очікуванні транспорту сягають 20%, а простоті транспортних засобів – 30-36% часу зміни [1]. При використанні на прямих перевезеннях зерна великовантажних автомобілів КамАЗ втрати часу, пов'язані з очікуванням завантаження і переїздами по полю, зростають до 47% часу зміни. Крім того, застосування великовантажних автомобілів призводить до додаткового ущільнення ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Використання проміжної компенсаційної ланки в технологічному ланцюжку між комбайнами і транспортними засобами дозволяє значно в порівнянні з прямими автомобільними перевезеннями скоротити тривалість збирально-транспортних операцій. Роль міжопераційних компенсаторів виконують тракторні причепи-перевантажувачі, змінні кузови та інші пристрої. Застосування компенсаторів, по-перше, дозволяє організувати роботу так, що комбайни можуть розвантажуватися зразу ж після наповнення бункера, а автомобіль – завантажуватися по прибуттю до поля. По-друге, такі компенсатори як причепи-перевантажувачі, мають можливість вирішувати проблему виключення ущільнення в полі ґрунту великовантажними автомобілями, які ефективні на перевезенні зерна.

Теоретичні дослідження застосування міжопераційних компенсаторів започатковано у працях [2] – [4], де було розглянуто основні закономірності їх використання. Разом з тим зазначена проблема потребує подальшого її вивчення стосовно природно-виробничих умов господарств, площ, урожайності зернових культур, стану доріг та відстані перевезень і, таким чином, набуває системного характеру що, природно, потребує відповідного системно-аналітичного інструментарію для її вирішення.

Мета досліджень полягає у побудові концептуальної позиції стосовно створення технології конструювання транспортно-логістичних схем збирання, перевантаження й перевезення урожаю зернових із гнучкою їх адаптованістю під конкретні агротехнічні, технічні, природно-виробничі, економічні та інші численні умови в період їх збирання. Результатом системно-аналітичних досліджень проблеми має стати практичний документ консалтингового характеру, який би дозволяв дециденту (особі, що приймає рішення – ОПР) у конкретних умовах визначатися у виборі оптимальних транспортно-логістичних схем з метою найефективнішого виконання етапів збирання й транспортування урожаю до зерносховищ.

Результати досліджень. У процесі конструювання гнучких логістичних технологій зернозбиральних комплексів нами використані науково-аналітичні висновки попередніх досліджень з цих питань [2-4]. Оскільки логістична технологія розглядається нами як складна система, проблему конструювання такої технології й формулювання критеріїв її ефективності передбачається вирішувати за допомогою методології системного аналізу [5] й зокрема з використанням індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень (IT CIAD) [6]. На стадіях моделювання, зокрема класифікації технологій, побудови статистичних та економетричних моделей передбачається застосування сучасних

методів індуктивного моделювання складних систем, описаних у численній науковій літературі, зокрема [7-9].

Проблему створення гнучкої логістичної технології збирання перевантаження й перевезення урожаю зернових у період їх збирання розглянемо як складну систему, складний об'єкт, який підлягає дослідженню. Результатом вирішення цієї проблеми будемо вважати створення комплексного документа інформаційно-рекомендаційного (консалтингового) характеру, який би містив певні обов'язкові розділи та їх змістовне наповнення стосовно гнучкого вибору того чи іншого комплексу технічних засобів із оптимальними економічними показниками, груп параметрів тощо у залежності від конкретних природних, економічних, законодавчих та інших численних умов в період збирання урожаю зернових культур.

Оскільки достатньої інформаційної бази як до змісту такого документа на початку такого комплексного дослідження принципово немає, на нашу думку, вирішення цього системного завдання доцільно виконувати з позицій індуктивного підходу до моделювання складних систем [8], який винятково зарекомендував себе при вирішенні численних складних недовизначених задач.

Одним із ефективних інструментів такого підходу саме до створення вказаного типу документа є індуктивна технологія системних інформаційно-аналітичних досліджень (ІТ СІАД) [6], у якій застосовані головні принципи теорії індуктивного моделювання складних систем [8, 9]. Нагадаємо, що результатом $R^*(I_b^*)$ в комплексних ІТ СІАД є специфічний документ $D\{R^*(I_b^*)\}$, у якому відображені результати системного предметного аналізу складного об'єкта (процесу, явища або проблеми взагалі), який базується на сконструйованому в процесі дослідження оптимальному інформаційному базисі I_b^* , відповідає установленим вимогам, має інформаційно-рекомендуючий (консалтинговий) характер, наділений певним офіційним статусом та рівнем доступу [6]. $D\{R^*(I_b^*)\}$ означає готовий і оформлений згідно з вимогами документ, побудований на сукупності оптимальних результатів досліджень $\{R^*(I_b^*)\}$, які можуть ще носити певний ескізний характер. Цим тільки власне й відрізняються результати $R^*(I_b^*)$ від результуючого документу $D\{R^*(I_b^*)\}$.

Наведемо основні стадії, які необхідно пройти згідно з індуктивною технологією СІАД для створення змістовного обґрунтованого документа.

Стадія 1. Формування експертної комісії верхнього рівня (ЕКВР) й конструювання первинного інформаційного базису [7];

відбір аналітичних груп А і В для виконання системно-аналітичних досліджень й синтезу оптимального інформаційного базису I_b^* , який і повинен породжувати результати $R^*(I_b^*) \in \{R^*(I_b^*)\}$.

Стадія II. Створення матриці еталонного (цільового) результату

$$E = (e_{ij}) = \begin{pmatrix} e_{11} & \dots & e_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{m1} & \dots & e_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

у якій i -й рядок, $i = 1, 2, \dots, m$, відображає один із беззаперечних видів вимог до “цільового” результату дослідження з позицій експертної комісії, а j -й стовпець, $j = 1, 2, \dots, n$, – можливі градації оцінок i -го елемента. Рядок у нашому випадку – це один із необхідних розділів майбутнього документа, а елементи рядка – формалізовані значення експертних оцінок (вимог) до його підрозділів. Елементи (e_{ij}) матриці $E(R^0(I_b^0))$ формалізуються за певним алгоритмом на основі оцінок експертів верхнього рівня. Наприклад, це може бути медіана на множині експертних толерантностей (висновків) стосовно такого елемента (e_{ij}) .

Важливо зауважити, що матриця $E(R^0(I_b^0))$ стосується лише форми майбутнього результату й важливості відображення у ньому найголовніших позицій та їхніх частин. Крім цього, на відміну від відомих аналітичних технологій типу методу Дельфі [10], принциповим моментом є те, що члени ЕКВР, які погодилися з узагальненими оцінками толерантностей (e_{ij}) матриці $E(R^0(I_b^0))$, не можуть змінювати свої висновки стосовно форми майбутнього результату впродовж виконання усього проекту. Тобто (e_{ij}) є сталими оцінками. Семантичне ж наповнення усіх цих позицій виконується аналітичними групами й тестується експертами із ЕКВР на кожному кроці наступної *стадії III*.

Стадія III. Виконання інформаційно-аналітичного проекту за ітераційною процедурою [6].

Крок 1. Групами А і В синтезуються аналітичні результати $R_k(I_b^1)^{(A,B)}$, $k = 1, 2, \dots, K$, які включають лише початковий інформаційний базис I_b^1 і для кожного такого результату експерти виставляють оцінки, тобто будують матриці, які формалізуються за тим же принципом, що й для матриці $E(R^0(I_b^0))$.

$$W_k^{(A,B)} = (w_{ij}) = \begin{pmatrix} w_{11} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \dots & w_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Тобто, матриця W^A – відображає формалізований k -й результат $R_k(I_b^s)$, досягнутий аналітичною групою A на s -му кроці дослідження ($s=1, \dots, S$) й, відповідно W^B – відображає формалізований k -й результат $R_k(I_b^s)$, досягнутий аналітичною групою B на цьому ж s -му кроці дослідження.

Кожний синтезований результат оцінюється за критеріями системної корелевантності:

$$CR_{corel} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{W^A W^B}} \quad (3)$$

й системної релевантності

$$CR_{rel} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{W^{(A \wedge B)}_E}}, \quad (4)$$

де δ_{ij}^2 є елементами матриць

$$\Delta_{(*)}^2 = \begin{pmatrix} \delta_{11}^2 & \dots & \delta_{1n}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{m1}^2 & \dots & \delta_{mn}^2 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

і дорівнюють квадратам різниць відповідних елементів пар матриць $W(R_k(I_b^s))^{(A \wedge B)}$ і $E(R^0(I_b^0))$ та $W(R_k(I_b^s))^A$ і $W(R_k(I_b^s))^B$ відповідно, причому усі перелічені матриці мають розмірності $n \times m$. Знак * означає до яких пар матриць, а значить і до якого критерію, відноситься об'єкт δ_{ij}^2 (релевантність або корелевантність).

Отже, вказані системні критерії вимагають мінімальних відмінностей як між досягнутими двома групами результатами (2), так і між такими результатами й еталонним. Детально роль і дія критеріїв (3) – (4) описані в [6].

Далі задіюється система інформаційного моніторингу, формується додаткова цільова порція I_b^+ моніторингової інформації, яка повинна доповнювати уже наявний ансамбль I_b^s , $s=1, \dots, S$, з метою поліпшення результатів $R_k(I_b^s)$, наближаючи їх до еталонного $R^0(I_b^0)$.

Крок 2, ... , S . Синтезуються аналітичні результати $R_k(I_b^s)$, $k=1, 2, \dots, K$, $s=1, \dots, S$, які базуються на результатах попередніх

кроків та інформації I_b^+ цілеспрямованого інформаційного моніторингу. Знову кожний синтезований результат оцінюється за критеріями системної корелевантності (3) й системної релевантності (4).

Критерії (3) – (4) теоретично повинні мати мінімуми, які й вказують на зупинку індуктивної процедури синтезу оптимального результату $R^*(I_b^*)$ (або певної обмеженої множини таких результатів $\{R^*(I_b^*)\}$).

Останнім кроком процедури ІТ СІАД є такий, на якому:

1) отримано результат, який об'єктивно є найкращий за системними критеріями (3) – (4) і задовольняє замовника;

2) отримано результат, який ще можна покращити, але він уже задовольняє замовника;

3) вичерпані ресурси дослідження (час і кошти, наприклад).

Стадія IV. Формування оптимального результату $R^*(I_b^*)$ й відповідного консалтингового документа $D\{R^*(I_b^*)\}$. Тут повинні працювати уже обидві аналітичні групи під контролем керівника (модератора) проекту.

Стадія V. Захист документа $D\{R^*(I_b^*)\}$ і передача його замовнику.

Очевидно, що описана технологія, для досягнення результату не вимагає без великої потреби проведення складних, довготривалих і вартісних натурних експериментів (хоча у загальному випадку це не заперечується). Крім того, також очевидно, що такий підхід варто застосовувати для вирішення складних завдань, до виконання інтелектуальних проектів високого ступеня складності. Поставлена проблема безсумнівно відноситься саме до такого класу проблем.

Таким чином, співставляючи сказане, консалтинговий документ, який би містив прості й у той же час достатні для прийняття рішень процедури (схеми) синтезу гнучких логістичних технологій збирання та транспортування зерна до зерносховищ і оптимально адаптованих до конкретних природно-виробничих, економічних, технічних та інших умов в період збирання, доцільно створювати, базуючись на описаній індуктивній технології СІАД.

Концепція розроблення такого документа для синтезу логістичних технологій збирання та транспортування зерна передбачає такі етапи.

Етап 1. Створення матриці цільового (еталонного) результату $E(R^0(I_b^0))$ та первинного інформаційного базису I_b^1 попередньо сформованою ЕКВР. Внаслідок предметного аналізу проблеми й, виходячи з попередніх досліджень [2-4], експертами були

запропоновані висновки, які дозволили отримати таку формалізовану матрицю цільового результату $E(R^0(I_b^0))$:

$$E(R^0(I_b^0)) = \begin{pmatrix} \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 9 & 9 & 7 & 8 & 8 & 5 & 4 & 0 \\ \hline 7 & 8 & 7 & 8 & 7 & 5 & 0 & 0 \\ \hline 6 & 8 & 8 & 8 & 5 & 6 & 0 & 0 \\ \hline 9 & 7 & 5 & 6 & 8 & 6 & 7 & 8 \\ \hline 9 & 8 & 7 & 8 & 9 & 9 & 7 & 8 \\ \hline 8 & 7 & 8 & 9 & 8 & 7 & 8 & 0 \\ \hline 9 & 8 & 7 & 9 & 9 & 8 & 8 & 0 \\ \hline 3 & 3 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

У першому стовпці матриці (6) відображені узгоджені оцінки важливості того чи іншого розділу кінцевого документа. Наступні стовпці відображають оцінки експертів стосовно тих чи інших групових параметрів із оптимального інформаційного базису I_b^* . Перші чотири рядки матриці (6) певною мірою співпадають з групами первинного інформаційного базису. Починаючи з 5-го рядка й по 8-й – відображені вимоги експертів з ЕКВР стосовно безперечно необхідного опрацювання таких розділів кінцевого документа (по рядках):

5-й – схеми синтезу збирально-транспортних технологічних процесів (ЗТТП);

6-й – техніко-економічний аналіз оптимальних ЗТТП (ТЕА);

7-й – прогнозування економічної ефективності вибраних децидентом ЗТТП;

8-й – додатки (інструкції, номограми, числова інформація тощо).

У первинний інформаційний базис I_b^1 експертами було включено й класифіковано по групах такі параметри (табл. 1).

Етап 2. Формування аналітичних груп А і В, які повинні виконувати системно-аналітичні дослідження у напрямку змістовного наповнення матриць $W(R_k(I_b^s))^A$ і $W(R_k(I_b^s))^B$ з метою досягнення оптимального результату $R^*(I_b^*)$ (або певної обмеженої множини таких результатів $\{R^*(I_b^*)\}$) та мінімізації критеріїв (3) – (4).

Виконання проекту в частинах рядків (розділів) 5 – 7 матриці $E(R^0(I_b^0))$ для отримання численних аналітичних моделей та залежностей передбачає застосування індуктивних методів моделювання складних систем [8-9].

1. Первинний інформаційний базис у проекті синтезу гнучких (ЗТТП).

№ п/п	Група (№, назва)	№ параметра у групі	Умовне позначення	Назва параметра й одиниця виміру
1	I. Зерно-збиральний комбайн	1	W_k	номінальна продуктивність, т/год
2		2	N_k	потужність двигуна, кВт
3		3	G_k	витрати пального, кг/кВт. год
4		4	C_k	вартість комбайна, грн
5		5	V_k	місткість зернового бункера, м ³
6		6	$W_{шк}$	продуктивність вивантажувального зернового шнека, т/год
7	II. Причеп-перевантажувач	1	V_b	місткість причепа-перевантажувача, м ³
8		2	$N_{пп}$	потужність двигуна трактора, кВт
9		3	g_{mp}	питомі витрати пального, кг/кВт.год
10		4	$C_{пп}$	вартість причепа перевантажувача, грн.
11		5	$W_{шп}$	продуктивність вивантажувального шнека причепа-перевантажувача, т/год
12	III. Автомобіль	1	g_a	вантажопідйомність автомобіля, т
13		2	Q_H	нормативні витрати пального, л/100 км
14		3	C_a	вартість автомобіля, грн.
15		4	v_a	технічна швидкість руху автомобіля, км/год
16	IV. Природно-виробничі умови	5	$D_{пал}$	тип пального (дизель, бензин, газ)
17		1	$K_{гр}$	коефіцієнт складності природно-виробничих умов
18		2	$K_{лог}$	коефіцієнт погодності
19		3	$T_{агр}$	агротерміни (період збирання), дні
20		4	U	урожайність, т/га
21		5	S	площа поля, га
22		6	L	довжина гону, м
23	7	l	відстань (плече) перевезень, км	

Етап 3. Формування вихідного документа $D\{R^*(I_b^*)\}$ та передача його замовнику.

Висновки

У статті наведені концептуальні засади створення системної технології конструювання логістичних схем збирально-транспортних технологічних процесів схем у дуже стислі періоді збирання й транспортування урожаю зернових культур. Такі схеми, очевидно, є у свою чергу технологіями.

Незважаючи на концептуальний характер роботи, у ній уже наведені щонайменше результати I-ї стадії індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень, оскільки, виходячи зі складності й суттєвої нестачі початкової інформаційної бази, проект передбачається виконувати саме за такою індуктивною технологією. Це було виконано завдяки уже проведеним теоретичним дослідженням процесів застосування міжопераційних компенсаторів, у яких були отримані основні закономірності їх використання.

На основі досягнутих узгоджених висновках експертів вищого рівня синтезована матриця цільового результату (документа), яка повинна за формою стати чітким орієнтиром у подальшому проведенні системно-аналітичних досліджень у напрямку семантичного наповнення кінцевого документа. Такий документ, за висновками експертів, повинен давати можливість вибирати особі, яка приймає рішення оптимальні за сконструйованими у процесі дослідження критеріями схеми збирально-транспортних технологічних процесів у стислі терміни проведення збирально-транспортних робіт у жнива. Концепцією передбачено, і це відображено у матриці цільового результату, що ефективність схем ЗТПП повинна оцінюватися як за технічними параметрами, так і за економічними чинниками.

Список літератури

1. *Измайлов А.Ю.* Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / *А.Ю. Измайлов.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.
2. *Фришев С.Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепи-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / *С.Г. Фришев, С.І. Козупиця* // Вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 166. – С. 203–211.
3. *Фришев С.Г.* Аналіз транспортно-виробничого процесу під час збирання зерна / *С.Г. Фришев, С.І. Козупиця* // Вісник Харківського навчального технічного університету. – 2010. – Вип. 12 (т. 24). – С. 56–61.
4. *Фришев С.Г.* Аналіз збирально-транспортного процесу зерна при застосуванні змінних кузовів / *С.Г. Фришев, С.І. Козупиця* // Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини. – 2010. – №76. – С. 64–66.
5. *Згуровський М.З.* Основи системного аналізу // *М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова.* – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.
6. *Осипенко В.В.* Оценка релевантности результатов в индуктивных процедурах системно-аналитических исследований / *В.В. Осипенко* // Управляющие системы и машины. – 2012. – №1. – С. 26–32.
7. *Осипенко В.В.* Виявлення однорідних груп експертів в системно-аналітичних дослідженнях за індуктивною процедурою кластерного аналізу / *В.В. Осипенко* // Матеріали I-ї міжнародн. конф.: “Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)”, Черкаси. – С. 109–110.

8. *Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / *А.Г. Ивахненко.* – К.: Наукова думка, 1982. – 296 с.
9. *Ивахненко А.Г.* Помехоустойчивость моделирования // *А.Г. Ивахненко, В.С. Степашко.* – К.: Наукова думка, 1985. – 216 с.
10. *Delphi Method: Techniques and Applications* // *Harold A. Linstone* (Editor), *Murray Turoff* (Editor), Publisher: Addison-Wesley Educational Publishers Inc. – 1975. – 621 p.

В статье приведены концептуальные основы создания системной технологии конструирования логистических схем сбора и транспортировки урожая зерновых культур. Такие схемы есть в свою очередь технологиями. Показано, что одним из эффективных путей решения поставленной проблемы может быть применение индуктивных процедур системных информационно-аналитических исследований сложных систем.

Логистические технологии, зерноуборочный комбайн, системно-аналитическое исследование, моделирование.

The paper presents conceptual framework of complex technology development of logistics schemes design for grain harvest and transportation crops. Such schemes are in turn technology. It is shown that one of the most effective ways to solve given problem may be use of inductive procedures of system information-analytical research of complex systems.

Logistics technologies, combine harvesters, system-analytical research, modeling.

УДК 514.18

АНАЛІТИЧНИЙ ПОШУК ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ, ВІДНЕСЕНИХ ДО ІЗОМЕТРИЧНИХ КООРДИНАТ

***Т.С. Пилипака, І.Ю. Грищенко, кандидати технічних наук
Т.С. Кремець, магістр***

Запропоновано алгоритм відшукання параметричних рівнянь меридіана поверхні обертання, при яких поверхня буде віднесена до ізометричних координат. За наведеним алгоритмом отримано нові поверхні, які поповнили бібліотеку відомих. Побудовано комп'ютерне зображення їх із нанесенням рисунків, аналогом яких на площині є різні комбінації кіл або їх дуг.

Меридіана поверхні обертання, комп'ютерне зображення.

© Т.С. Пилипака, І.Ю. Грищенко, Т.С. Кремець, 2012