

УДК 519.7+004

С. Г. Черный,  
канд. техн. наук, доцент,  
Керченский государственный морской  
технологический университет

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ СЦЕНАРИЕВ НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

### USE OF TECHNOLOGY OF EXPERT ESTIMATION IN TASKS OF DEVELOPMENT SCENARIOS AS TRANSPORT AND ENERGY INDUSTRY

*Осуществлена оценка энергоэффективных показателей с позиции экспертного фактора. Затронуты аспекты влияния показателей климата в вопросах оценки территории как транспортно-энергетического потенциала. Предложено применение технологии сценарного анализа для оценки составляющих затрат при планировании развития транспортной инфраструктуры.*

*The estimation of energy-efficient performance from the perspective of the expert factor. With by aspects of the impact of climate factors in the assessment area as transport and energy potential. Suggested to use of technology scenario analysis to evaluate cost of components in the planning of transport infrastructure development.*

*Ключевые слова:* эксперт, энергоэффективность, транспорт, сценарий.

*Key words:* expert, energy, transport, the script.

**И**СТОРИЧЕСКИ сложилось так, что человек всегда в своей жизнедеятельности учитывал природно-климатические факторы (ПКФ) места своего обитания (проживания). Рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека — неотъемлемое условие устойчивого экономического и социального развития любой страны, в том числе и Украины. Климат оказывает существенное влияние на отрасли экономики региона, государств. Отрасли экономики в разной степени подвержены влиянию ПКФ, а именно: сельское хозяйство — 18%; энергетика 15%; коммунальное хозяйство — 15%; водное, гидромелиоративное хозяйство — 10%; строительство — 10%; рекреация и туризм — 10%; охрана и восстановление природного потенциала — 10%; транспорт — 7%; промыслы, в том числе морские, — 5%. От природно-климатических условий как естественных природных ресурсов зависят условия жизни и деятельности человека, направления и уровень развития экономики той или иной территории. Учитывая то, что климат является одним из основных средообразующих факторов, его изменения на фоне сложной экологической ситуации на Украине могут вызвать серьезные социально-экономические последствия [1, с. 530–533].

Одной из задач, стоящих перед современным обществом, является создание условий для интенсификации экономического роста, повышения качества жизни населения. Достижение поставленной задачи возможно путем обеспечения устойчивого развития страны, регионов, что может быть достигнуто в том числе и привлечением инвестиций в реальный сектор экономики страны, регионов. Уровень устойчивого развития, объем роста инвестиций в основной капитал являются индикаторами инвестиционной привлекательности региона. Повышение инвестиционной привлекательности способствует дополнительному притоку капитала, экономическому подъему. Природно-климатические факторы (ПКФ) оказывают влияние на все хозяйственные процессы в регионах, поэтому необходимо определять такие отправные данные, которые позволяли бы видеть и понимать уровень влияния ПКФ на экономическую деятельность региона, что делает эту задачу очень непростой [2].

Рыночная экономика в классическом виде в наше время коррелирует принципы саморегулирования, законы спроса и предложения, но более не способна осуществлять роль основной движущей силы развития общества. Все большее значение приобретают экологические факторы.

Известно, что взаимодействие человека и окружающей природной среды оказывает существенное влияние на степень и темпы экономического роста в двух направлениях [2]. С одной стороны, это антропогенное воздействие на природную окружающую среду, которое заключается в следующем:

- увеличение потребления ископаемого топлива;
- возрастающее использование химических веществ в сельском хозяйстве;
- расширение и увеличение числа свалок мусора;
- деградация пахотных земель;
- уменьшение лесных массивов;
- загрязнение почв, рек, морей, океанов и атмосферы;
- истощение озонового слоя и перераспределение озона в слоях атмосферы;
- повышение концентрации парниковых газов.

Данный ряд факторов может аккумулировать к тенденции глобального изменения климата с негативными социально-экономическими последствиями.

С другой стороны, наблюдается негативное влияние аномальных природных явлений на экономическую и социальную жизнь регионов страны.

Анализ экологической ситуации на Украине свидетельствует о том, что, несмотря на спад производства и осуществление в последнее время ряда природоохранных мероприятий, как национального, так и регионального значения, обстановка на территориях, наиболее развитых экономически, остается неблагополучной, а загрязнение природной среды — значительным.

Нерациональная эксплуатация природных ресурсов приводит к их исчерпанию, а незначительные ставки платы за природные ресурсы способствуют неумеренной эксплуатации природных богатств, подрыву воспроизводства возобновляемых ресурсов.

Следует заметить, что Украина стоит на пороге техногенных катастроф, которые могут повлечь за собой не только экологические, но и людские потери, а в рамках последних геополитических изменений ситуация значительно накалена.

Значительными являются последствия радиоактивного загрязнения в результате чернобыльской катастрофы и захоронения ядерных отходов. Так же следует отнести к основным причинам неблагоприятной экологической ситуации на Украине: экстенсивное развитие экономики, сопровождающееся огромными объемами добычи сырья, отсутствием системы переработки многокомпонентных сырьевых ресурсов, а также производственных и бытовых отходов в рамках экологического производства; деформационную структуру народного хозяйства с превалированием природоэксплуатирующих производств, создающих чрезмерную нагрузку на экосистемы без возможности регулирующих факторов; ненадежность (отсталость) технических систем и недостаток квалифицированных кадров; наличие устаревшего и неэффективного природоохранного оборудования, а также комплекса мер; концепция «грязных» производств многих промышленных районов и городов; несовершенство системы оценок эффективности производств, не учитывающих в полной мере экологические издержки; нерациональное использование лесных, водных и земельных ресурсов, нарушение правил хранения и использования минеральных удобрений и т. д.; отсутствие совершенной системы экологического регулирования природоохранной деятельности на большинстве территории; декларируемость системы экологической защиты при фактическом отсутствии показателей эффективности.

Со вступлением Украины в ВТО вопрос конкуренции становится весьма остро, а следовательно, необходимо выполнять ряд факторов. На Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. была сформирована концепция устойчивого развития, которая должна прийти на смену концепции экономического роста [4]. В соответствии с этой концепцией основным направлением социально ориентированных обществ становится учет значительного

числа показателей, которые отображают уровень социальных, экологических и экономических процессов. Данная динамика получила отражение в концепции устойчивого развития, которая призвана сменить концепцию экономического роста. Эта концепция подразумевает использование более сложных и полных моделей [1].

По мнению авторов, необходимо учитывать не только социальные, экономические и экологические процессы, но и природно-климатические, характеризуемые природно-климатическими факторами.

Полученные нами результаты подтверждают высокий уровень влияния воздействия ПКФ на функционирование и развитие социально-экономических систем [2].

Надвигающееся глобальное потепление на планете тем более подтверждает необходимость учета влияния ПКФ на развитие социально-экономических систем.

Украина по сравнению со странами Западной Европы обладает более суровым и неблагоприятным климатом, что требует дополнительных затрат на функционирование СЭС.

Таблица I

**Основные показатели социально-экономического развития Украины (2012 г. — 12 мес.) [4]**

Фактически за 2012 г.		Темпы роста, %			
		декабрь 2012 г. к		2012 г. к 2011 г.	справочно: 2011 г. к 2010 г.
		ноябрю 2012 г.	декабрю 2011 г.		
Объем реализованной промышленной продукции (товаров, услуг), млн гривен	1014906,6	—	—	—	—
Индекс промышленной продукции	—	96,1	92,4	98,2	107,6
Объем продукции сельского хозяйства, млн гривен	258 270	—	—	95,5	119,9
Производство продукции животноводства:					
мясо (реализация скота и птицы на убой в живом весе), тыс. т	3136,3	130,0	108,5	103,4	103,5
молоко, тыс. т	11388,6	88,7	102,8	102,7	98,6
яйца, млн шт.	19116,7	100,5	106,2	102,3	109,6
Объем продукции строительства, млн гривен	62280,0	—	—	86,2	111,0
Грузооборот, млн ткм	394648,1	105,0	90,2	92,4	105,8
Пассажирооборот, млн пас./км	132479,7	94,3	95,8	98,8	103,2
Экспорт товаров, млн долл. США	63084,7	—	—	101,9	134,3
Импорт товаров, млн долл. США	76860,7	—	—	102,9	138,1
Сальдо (+, -), млн долл. США	-13776,0	—	—	—	—
Оборот розничной торговли, млн гривен	804330,8	—	—	115,9	114,8
Среднемесячная заработная плата одного работника					
номинальная, гривен	3025	109,0	110,6	114,9	117,6
реальная, %	—	108,6	111,1	114,4	108,7

*Таблица 1  
(Окончание)*

Задолженность по выплате заработной платы — всего, млн гривен	893,7	94,0	91,4	—	80,2
Количество зарегистрированных безработных на конец периода, тыс. чел.	506,8	114,8	105,0	—	—
Индекс цен производителей промышленной продукции	—	98,5	100,3	100,33	114,23
Индекс потребительских цен	—	100,2	99,8	99,83	104,63

Осуществляя анализ транспортных коммуникаций, следует уделить особое внимание процессам планирования. Сеть дорог общего пользования на Украине изношена до предела. 90 % сети автодорог сформированы при СССР (так как были построены начиная с 1950–1960-х гг.). На то время расчетные нагрузки были намного меньше, чем сейчас, например, до 1972 г. дороги 1–2-й категории проектировали из расчета 6 т на ось, а с 2000-го — уже 11,5 т на ось. Стоимость дорог зависит от категории дороги, рельефа местности, наличия мостов, других искусственных сооружений и многих других факторов. Строительство одного километра дороги 1-й категории, например южный обход Днепропетровска, в 2013 г. с земляным полотном, развязками, искусственными сооружениями и т. д. стоило около 45–47 млн гривен. Для сравнения, в Польше 1 км аналогичной по параметрам дороги стоит 85 млн гривен. Вопрос разницы себестоимости актуален всегда. Бюджетная программа на 2013 г. на развитие и содержание сети дорог Украины предусматривает на дорожные работы 5,139 млрд гривен и 8,4 млрд гривен предусмотрено для выплат по кредитам. На Украине на обогрев 1 кв. м жилья расходуется 186 кВт, в то время как в Европе — 50 кВт [4].

В мировой практике диагностика объектов инвестирования проводится методами, основанными на использовании многих групп индикаторов. Многообразие методов диагностики сводится чаще всего к методам факторного анализа и экспертных оценок.

Факторный анализ необходимо использовать при большом числе показателей различного рода, он заключается в составлении укрупненных групп, состоящих из близких по смыслу факторов, и дальнейшая работа ведется с укрупненной группой факторов.

На современном этапе исследований при диагностике отдельных территорий должны использоваться не только жестко формализованные алгоритмы количественных методов получения решений, но и методы качественного анализа построения вариантов сценариев. В современной и зарубежной литературе сегодня широко применяется метод сценариев для решения данного рода задач. Главное его преимущество перед методами экономико-математического моделирования состоит в существенной упрощенности и в том, что эксперт (ЛПР) может пользоваться не только информацией, основанной на статистических временных показателях, но и нерегулярной, разовой информацией сугубо качественного характера.

В качестве базиса информации для составления рейтингов инвестиционной привлекательности применяют статистические данные и приводятся экспертные оценки по заданным этапам процедуры:

- выбирается и обосновывается набор показателей, наиболее точно, по мнению экспертов, отражающих состояние инвестиционного комплекса региона;
- каждому показателю или группе однородных показателей присваиваются весовые коэффициенты, соответствующие его (их) вкладу в инвестиционную привлекательность региона;
- производится обработка показателей;
- рассчитывается интегральный показатель инвестиционной привлекательности региона.

В качестве исходной информации для составления рейтингов инвестиционной привлекательности используются статистические данные о количественных значениях показателей государственных органов статистики. Такой выбор источников исходных данных связан с традиционной проблемой, возникающей у экспертов на этапе формирования баз данных о состоянии экономической и социально-политической региональной системы и заключающейся в сложности поиска информации [5, с. 26–32]. Анализ используемых в настоящее время методов определения инвестиционной привлекательности объектов и имеющейся статистической информации показывает, что можно выделить ряд групп показателей, которые могут использоваться при расчетах инвестиционной привлекательности регионов (табл. 2). Выделены девять групп факторов, включающих в себя 62 показателя.

Таблица 2

**Индексные показатели**

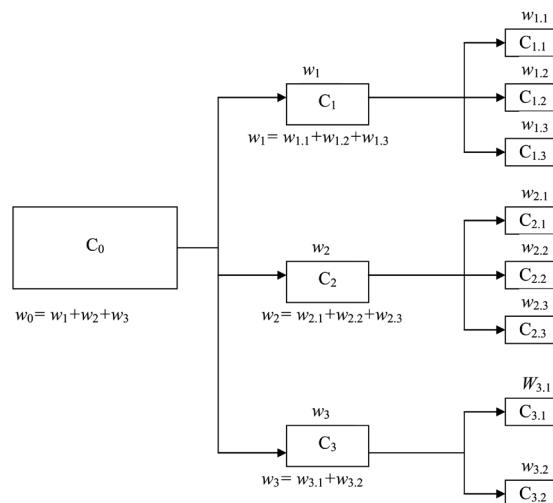
№ п/п	Группы факторов	Показатели	Индекс
1	Экономико-географическое положение (ЭГП)	площадь, млн кв. км	g1p1
		выход к морским границам	g1p2
		наличие транспортных коридоров	g1p3
		наличие зон приоритетного развития, шт.	g1p4
		объекты природно-заповедного фонда	g1p5
		выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, млн т	g1p6
2	Ресурсно-сырьевой потенциал (РСП)	топливно-энергетические ресурсы	g2p1
		металлургические ресурсы	g2p2
		строительное сырье	g2p3
		водные ресурсы	g2p4
		лесные ресурсы	g2p5
		рекреационные ресурсы	g2p6
		площади плодородных почв, тыс. га	g2p7
3	Трудовой потенциал (ТП)	плотность населения, чел./кв. км	g3p1
		численность населения, чел.	g3p2
		стоимость рабочей силы, у. е./ч	g3p3
		предложение рабочей силы, чел.	g3p4
		миграционный прирост населения, чел.	g3p5
		среднегодовая численность штатных работников, чел.	g3p6
4	Экономический потенциал (ЭП)	индексы объема продукции промышленности, %	g4p1
		индексы продукции сельского хозяйства, %	g4p2
		оптовый товарооборот, млн у.е.	g4p3
		розничный товарооборот, млн у.е.	g4p4
		чистый доход, млн у.е.	g4p5
		валовой региональный продукт, млн у.е.	g4p6
		индекс промышленной продукции, %	g4p7
		финансовый результат деятельности малых предприятий, млн у.е.	g4p8
		количество активно работающих предприятий сферы услуг, шт.	g4p9
		доход от реализованных услуг, млн у.е.	g4p10
		количество предприятий и организаций, шт.	g4p11
		оборот розничной торговли, млн у.е.	g4p12
		уровень развития малого предпринимательства	g4p13
		финансовый результат, млн у.е.	g4p14
		процент предприятий, получивших прибыль, %	g4p15
		уровень рентабельности операционной деятельности, %	g4p16
		наличие рыбного хозяйства	g4p17

Таблица 2  
(Окончание)

5	Инфраструктурный потенциал (ИНП)	плотность дорог, км/кв. км	g5p1
		наличие аэропортов	g5p2
		наличие морских портов	g5p3
		наличие межрегиональных транспортных узлов	g5p4
		грузооборот транспорта, млн т	g5p5
		пассажирооборот транспорта, млн пасс.	g5p6
6	Научно-технический потенциал (НТП)	численность специалистов научной деятельности, чел.	g6p1
		общая сумма затрат на инновации, млн у. е.	g6p2
		количество специалистов со степенью, чел. с докторской научной	g6p3
		внедрение новых прогрессивных технических процессов	g6p4
		освоено производство новых видов продукции	g6p5
		количество специалистов со степенью, чел. с кандидатской научной	g6p6
		количество научных организаций, шт.	g6p7
		количество научных привлеченных инновационных проектов	g6p8
7	Здравоохранение (3)	количество лечебных учреждений, шт.	g7p1
		плановая емкость амбулаторно-клинических учреждений, кол-во посещений за смену	g7p2
		количество больничных коек, шт.	g7p3
		количество медико-консультационных центров, шт.	g7p4
8	Инвестиционный потенциал (ИП)	объем капитальных инвестиций, млн у. е.	g8p1
		объем прямых иностранных инвестиций, млн у. е.	g8p2
		объем экспорта, млн у. е.	g8p3
		объем импорта, млн у. е.	g8p4
		объем инвестиций в основной капитал, млн у. е.	g8p5
9	Инвестиционные риски (ИР)	законодательные	g9p1
		политические	g9p2
		социальные	g9p3
		экономические	g9p4
		экологические	g9p5
10	Природно-климатический потенциал (ПКП)	среднегодовые изотермы (лето), °C	g10p1
		среднегодовые изотермы (зима), °C	g10p2
		среднегодовой уровень осадков, мм рт. ст.	g10p3
		влажность воздуха, %	g10p4
		среднегодовые показатели силы ветра, м/с	g10p5
		показатель комфортности климата	g10p6
		сейсмические риски и риски природно-климатических катастроф	g10p7

Исходные данные для построения сценария целей приведены в таблице конечных целей (табл. 3), которая представляется в виде базового дерева целей (рис. 1). Где цель  $C_0$  является глобальной целью и отражена на графике в виде «корневой» вершины графа. Рассмотрим процедуру построения дерева целей для конечной цели «Выбрать оптимальный метод для решения задачи рационального распределения энергетических потоков». Данная цель может быть достигнута при использовании подцелей  $C_1$  — «Эвристические методы»,  $C_2$  — «Метаэвристические методы»,  $C_3$  — «Алгоритмические методы».

Дерево целей обрывается на так называемые простые подцели, которые нецелесообразно дальше раскладывать на составляющие [6].



Rис. 1. Базовое дерево целей

Выделим основные подцели:  $C_{1,1}, C_{1,2}, C_{1,3}, C_{2,1}, C_{2,2}, C_{2,3}, C_{3,1}, C_{3,2}$ . Далее идентифицируются весовые коэффициенты вершин деревьев, характеризующие значимость соответствующих целей/подцелей.

При этом если вершина дерева  $C_i$  имеет вес  $\omega_i$  и ей подчиняются вершины  $C_{i1}, \dots, C_{in}$  с весами  $\omega_{i1}, \dots, \omega_{in}$ , то можно говорить о критериальном условии  $\omega = \omega_i + \omega_{i1} + \omega_{i2} + \dots + \omega_{in}$ .

Таблица 3

#### Индексирование показателей

Обозначение цели	Содержание цели
$C_0$	Выбор лучшего метода для решения задачи энергозатрат
$C_1$	Использовать эвристические методы
$C_2$	Использовать метаэвристические методы
$C_3$	Использовать алгоритмические методы
$C_{1,1}$	Возможность использования гибридных методов
$C_{1,2}$	Возможность получения приемлемого решения при значительно малом числе итерационных расчетов
$C_{1,3}$	Невозможность решения комплексных задач
$C_{2,1}$	Возможность реализации адаптивного подхода к задаче
$C_{2,2}$	Возможность реализации сложной оптимизационной задачи
$C_{2,3}$	Возможность избежать попадания в локальные оптимумы на основании вероятностной природы
$C_{3,1}$	Значительная вычислительная (расчетная) составляющая
$C_{3,2}$	Использовать некоторые методы, входящие в эту группу, в качестве низкоуровневых алгоритмов в сочетании с другими оптимизационными задачами

Таблица 4

#### Шкала сравнительной значимости целей

Лингвистическое значение	Числовое (балльное) значение
Однаковая значимость целей $C_i$ и $C_j$	1
Некоторое (слабое) преобладание значимости $C_i$ над значимостью $C_j$	3
Существенное (сильное) преобладание $C_i$ над $C_j$	5
Очевидное (очень сильное) преобладание $C_i$ над $C_j$	7
Абсолютное преобладание $C_i$ над $C_j$	9
Промежуточное значение между соседними значениями шкалы	2, 4, 6, 8

Для каждого фрагмента целевого дерева, начиная с нулевого ранга, эксперты строят матрицы попарных сравнений значимости целей. В верхних левых клетках крайнего левого столбца указываются веса родительских вершин. На пересечении  $C_i$  строки и столбца  $C_j$  указываются следующие значения  $r_{ij}$  при условии:

- 1, if  $C_i = C_j$ ;
  - число баллов  $r_{ij} = a_{ij}$  по шкале сравнительной значимости целей (табл. 2), если  $C_i$  более важна, чем  $C_j$ ;
  - величина  $r_{ij} = 1/a_{ij}$ , если  $C_i$  менее важна, чем  $C_j$ .
- Вес цели  $C_i$  вычисляются по формуле [10]:

$$\omega(C_i) = \frac{\omega(C_{\text{main}}) \cdot \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left( \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}} \right)},$$

$C_{\text{main}}$  — вес родительской вершины фрагмента;  $n$  — число целей нижнего уровня фрагмента дерева. Выполненные таким образом расчеты позволяют получить набор коэффициентов (весов) значимости целей (подцелей). Упорядочив их по убыванию веса и приняв некоторое пороговое значение  $\omega(C_i) \geq \gamma$ ,  $\gamma \in [0, 1]$  ( $\gamma$  — некоторое значение из интервала  $[0, 1]$ ).

Для обоснованного определения значимых подцелей значимым является определение взаимодействий простых подцелей, представленных вершинами дерева, из которых не исходит стрелок, и им аналогичных.  $C_i$  коррелирует с подцелью  $C_j$  ( $i, j = 1, \dots, m$ ), если достижение  $C_i$  влияет на достижение  $C_j$  и данная тенденция может быть представлена как стремление к подцели  $C_i$  и может способствовать/препятствовать достижению подцели  $C_j$ .

Задача агрегации ЭО сводится к определению интегральной оценки  $Q_i$ , учитывающей влияние на  $C_i$  всех подцелей дерева. Такая оценка определяется посредством формирования матрицы и как алгебраическая сумма вида [7, с. 75–83]:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot v_{ij},$$

где  $\omega_j$  — вес подцели  $C_j$ ;  $v_{ij}$  — экспертная оценка с учетом знака, вписанного в клетку  $(C_i C_j)$ , матрицы взаимодействия (коэффициент корреляции  $C_i$  с  $C_j$ ),  $v_{ij} \in [-1, +1]$ .

Интегральные оценки ранжируют подцели: подцель  $C_i$  тем значимее, чем больше ее оценка  $Q_i$ . Это позволяет из множества отобрать более значимые.

При решении сложных задач возникает необходимость расширения возможности рассматриваемого анализа посредством придания «элемента адаптации», выраженного через теорию нечетких множеств. На основании этого отобранные подцели можно трактовать лингвистическими переменными, принимающими качественные значения, тогда для каждой выбранной подцели можно построить свою функцию принадлежности  $\mu(C_i)$ .

Для каждой альтернативы рассчитывается индекс достижимости глобальной цели (IRG), равный сумме произведений интегральных оценок подцелей  $C_{1,3}$ ,  $C_{2,1}$  и  $C_{3,1}$  на соответствующие значения функций принадлежности  $\mu(C_i)$ :

$$\text{IRG} = \sum_{j=1}^3 \mu_j(C_i) \cdot Q(C_i).$$

В рамках данного подхода решаются следующие задачи [6]:

- формирование системы критериев и разработка на этой основе форм анкет для опроса экспертов;
- формализованная аналитическая и качественная оценка сценариев по частным (локальным) и агрегированным критериям;
- выбор на основе полученных оценок наиболее эффективных альтернатив.

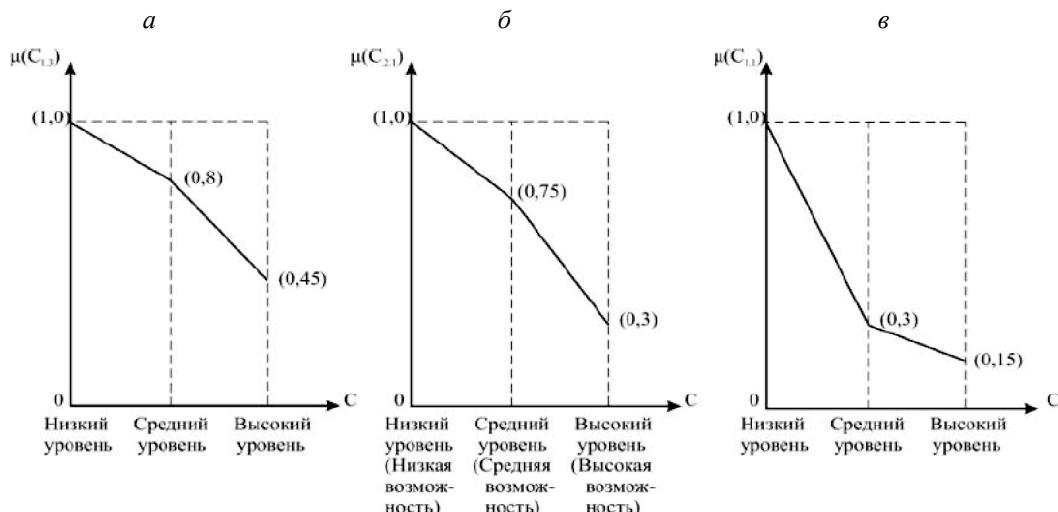


Рис. 2. Функция принадлежности выбранных подцелей [7]:

- а — возможность использования гибридных методов;
- б — возможность получения решения удовлетворительного качества при относительно небольшом расчете;
- в — возможность реализовать адаптивный подход к задаче

Одной из основных составляющих оценивания альтернативных сценариев является формирование системы критериев, которые должны по возможности полно отражать их свойства и характеристики. При этом общая совокупность частных (локальных) критериев может быть агрегирована (кластеризована) по различным группам (рис. 2).

Далее эксперты выставляют альтернативам оценки по локальным критериям в пределах 10-балльной шкалы, которые представляют совокупность чисел  $f_{jk}$ , где  $j = 1, \dots, m$  — число экспертов, а  $k = 1, \dots, l$  — число критериев.

Затем рассчитываются оценки, усредненные по числу экспертов:

$$f_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{jk}.$$

Нормированные оценки по локальным критериям определяются по формуле

$$y_{ok} = 1 - 0,1f_k, \quad y_{ok} \in [0, 1], \quad k = 1, \dots, l,$$

которым сопоставляется обращенная нормированная фундаментальная шкала (табл. 5).

Такая шкала позволяет поставить в соответствие количественным оценкам нечеткие качественные градации. Применение обращенной шкалы (когда альтернативы с высокой эффективностью получают оценки, близкие к нулю, а с неприемлемой — близкие к единице) необходимо для расчета обобщенных аналитических оценок сценариев путем свертки локальных оценок по нелинейной схеме компромиссов [6; 7]:

$$Y(y_o) = \sum_{k=1}^l \frac{1}{(1 - y_{ok})}.$$

Таблица 5

#### Обращенная нормированная фундаментальная шкала

Критерии качества	Оценки по фундаментальной шкале ( $f_{ik}$ )	Оценки по обращенной нормированной шкале ( $y_{ok}$ )
Неприемлемое	0–3	1,0–0,7
Низкое	3–5	0,7–0,5
Удовлетворительное	5–6	0,5–0,4
Хорошее	6–8	0,4–0,2
Высокое	8–10	0,2–0,0

Как видно, в случае ограничений, если оценка по какому-либо критерию близка к неприемлемому значению, знаменатель уменьшается и в наихудшем случае приближается к нулю, схема «сигнализирует» об этой ситуации. Такой подход позволяет «штрафовать» альтернативы при приближении оценок по критериям к предельно допустимым значениям. Полученная нейтральная оценка нормируется по формуле

$$Y_0 = \frac{Y(y_0)}{Y_{\max}}, \quad Y_{\max} = l \frac{1}{1 - y_{0\max}},$$

где  $y_{0\max}$  — величина гранично допустимой оценки из интервала неприемлемых значений. В соответствии с обращенной шкалой (табл. 5) наиболее эффективной является альтернатива, для которой  $Y_0 = \min$ .

Расчет оценок по агрегированным критериям проводится методом вложенных скалярных сверток по формуле [6]:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^{J_i} \frac{1}{[1 - y_{0ij}]}, \quad i = 1, \dots, I,$$

где  $\Phi_i$  — оценки по агрегированным критериям;  $I$  — количество групп критериев;  $J_i$  — количество локальных критериев в группах.

Обобщенная оценка рассматриваемой альтернативы вычисляется по формулам [6; 7]:

$$\Phi_0 = \sum_{i=2}^I \frac{1}{[1 - \Phi_{oi}]}, \quad \Phi_{oi} = \frac{\Phi_i}{B_i}, \quad B_i = J_i \cdot \frac{1}{(1 - y_{0\max})}, \quad i = 1, \dots, I,$$

где  $\Phi_{oi}$  — нормированные оценки сценария по агрегированным критериям;  $B_i$  — предельно допустимая оценка по агрегированным критериям.

Затраты дорожной организации на борьбу с зимней скользкостью  $Z_{\text{зс}}$  можно определить как стоимость противогололедных материалов и стоимость эксплуатации машин при проведении работ по состоянию на выбранный год:

$$Z_{\text{зс}} = 10^3 q \cdot B \cdot C_{\text{пгм}} + S_{\text{эм}},$$

где  $q$  — норма расхода противогололедных материалов, г/м<sup>2</sup>;  $B$  — ширина полностью очищенной поверхности проезжей части, м;  $C_{\text{пгм}}$  — стоимость 1 т противогололедного материала, у. е.;  $S_{\text{эм}}$  — стоимость эксплуатации машин при обработке 1 км дороги.

Затраты на эксплуатацию машин при борьбе со снежным накатом на 1 км дороги:

$$S_{\text{эм}} = N_{\text{ц}} (S_{\text{эм, пгм}} \cdot B + S_{\text{эм, очист}} \cdot K_{\text{пер}}),$$

где  $S_{\text{эм, пгм}}$  — стоимость эксплуатации машины при россыпи противогололедных материалов на 1000 м<sup>2</sup> покрытия;  $S_{\text{эм, очист}}$  — затраты на эксплуатацию машин на очистку дорог;  $B$  — ширина очистки, м;  $K_{\text{пер}}$  — коэффициент, учитывающий ширину проезжей части (для дорог 3-й категории — 1,0; для дорог 2-й категории — 1,07; для дорог 1-й категории — 2,86);  $N_{\text{ц}}$  — количество циклов очистки.

Затраты на эксплуатацию машин при борьбе с рыхлым снегом на 1 км дороги:

$$S_{\text{эм}} = N_{\text{ц}} \cdot S_{\text{эм, очист}} \cdot K_{\text{пер}}.$$

При положительных значениях  $S_j$  потребитель несет потери при любом решении. Матрица потерь раскрывает результативность функционирования либо конкретного потребителя, либо дорожной отрасли экономики однотипного в климатическом отношении региона при возможных сочетаниях принимаемых решений ( $d_j$ ) и условий погоды ( $\Phi_i$ ).

Сложность синоптических условий проявляется через ошибочность прогнозов и потери потребителя. Статистический анализ результатов прогнозирования условий погоды проведен с использованием матриц сопряженности методических, инерционных и случайных прогнозов.

При использовании прогностической информации о погодно-климатических условиях и выборе потребителем оптимальной стратегии потери можно предотвратить, а предотвращенный ущерб ( $D_{st}$ ) рассчитать по формуле

$$D_{st} = p_t (S_{12} - S_{11} + S_{21}) \cdot K_{t, \text{оя}},$$

где  $p_t$  — вероятность успешного прогноза; %;  $S_{ij}$  — составляющие матриц потерь, у. е.;  $K_{t, \text{оя}}$  — коэффициент, учитывающий заблаговременность прогноза и продолжительность опасного явления погоды.

С позиции влияния климатических факторов на процессы судоходства следует заметить основные аспекты. На море основными погодными факторами являются осадки. Процесс управления судном при плавании в штормовую погоду до сих пор остается тяжелой и ответственной задачей, который требует интеграции знания и учета всех видов воздействия штормовых условий на судно. Современные конструкции судов обеспечивают существенную прочность, надежную работу судовых механизмов в составе эксплуатационных мореходных качеств. Основные факторы, действующие на судно во время шторма, — ветер и волнение. Осадки уменьшают видимость, а тем самым и скорость судна. Сильный ветер оказывает влияние на судно в зависимости от конструктивных особенностей, увеличивает сопротивление движению судна, ухудшает его управляемость. При развитых надстройках, избыточном надводном борте, небольшой осадке увеличиваются крен и дрейф судна. Если курс проходит вблизи берега, отмелей, рифов, то дрейф в их сторону во время плавания становится опасным.

В сильный шторм волны могут повредить или смыть палубные грузы, разрушить люковые закрытия, вентиляторы, судовые устройства и системы. Это создает опасность проникновения воды в трюмы, влечет за собой проблемы для хранения груза, а иногда и гибель судна. Волны имеют характеристику: размер, период колебаний и скорость распространения. Состоят волны из чередующихся между собой валов (возвышений) и впадин (углублений).

В океанах волны достигают 150 м длины, 7–8 м высоты с периодом 8–10 с. Наибольшие океанские ветровые волны достигают высоты 18–25 м при длине около 400 м. На морях высота волн 5–6 м и длина около 80 м. Сильное волнение значительно осложняет мореплавание и морской промысел, затрудняет производство погрузочно-разгрузочных работ на открытых рейдах, а также других работ на море. Сильное волнение нередко бывает причиной гибели судов и людей. Известно, что при совпадении периода собственных колебаний судна с периодом волн возникает явление резонанса, которое может привести к разрушению судна. При увеличении качки рекомендуется изменить курс по отношению к направлению волнения таким образом, чтобы судно не оказалось лагом к волне, и, может быть, даже уменьшить скорость судна.

Процесс волнения оказывает также большое влияние на скорость судна, вызывает его дрейф и рыскание. При этом суда теряют скорость не только при встречном волнении, но и при попутном. При процессе движения навстречу штормовой волне возможен слеминг, в результате чего может быть повреждена обшивка судна. Одновременно вибрация и резкие встряски вызывают неисправность оборудования (например, обрыв такелажа и трубопроводов, выход из строя электро- и радионавигационных приборов, различных машин и механизмов). Известно, что судно, недостаточно загруженное, а также с чрезмерным дифферентом на корму, испытывает большие затруднения во время шторма. Это способствует возникновению слеминга. Для оценки опасности региона плавания в ожидаемых штормовых условиях судоводители должны иметь достаточную информацию об интенсивности волнения и силе ветра и знать факторы для поддержки и обоснованности принятия их решений:

- мореходные качества судна и его способность противостоять воздействию волнения и ветра;
- положение судна относительно центра циклона или штормовой зоны;
- возможные пункты отступления корабля или спасения экипажа;
- нахождение близлежащего порта-убежища и якорных стоянок, защищенных от воздействия ветра и волнения.

В зависимости от этого капитан судна обязан принять решение: о курсе и скорости хода при уклонении его от циклона, при следовании через штормовую зону или при расхождении с ней, об использовании внутренних фарватеров, о маневрировании короткими галсами под укрытием берега, о постановке на якорь в бухте, об уходе в порт-убежище и т. п.

Произведена оценка влияния ПКФ для транспортно-энергетической отрасли на примере Украины. Отображены основные показатели статистической направленности регионального значения. Сделано заключение о важности принятия решений экспертными группами по оценке регионального транспортно-энергетического потенциала с учетом метода сценариев. Обосновано, что применение методов развития сценариев и групповое обоснование решений экспертами приводит к более безошибочным и правильным решениям. Модифицирована таблица индексных показателей регионального развития в тренде транспортно-энергетического потенциала. Предложено применение индекса достижимости глобальной цели для оценки эффективности проектируемого дерева целей экспертами.

### Список литературы

1. Ходаков В. Е. Влияние природно-климатических факторов на процессы развития социально-экономических систем: [Текст] / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова // Стратегия качества в промышленности и образовании: II Междунар. конф., Варна, Болгария. — Т. 1 (4.1).
2. Ходаков В. Е. Влияние природно-климатических факторов на социально-экономические и производственные системы: моногр. / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова, С. Г. Черный. — Гринь Д. С., 2013. — 354 с.
3. Zgurovsky M. The Sustainable Development Global Simulations in Respect of Quality and Safety of Human Life / M. Zgurovsky. — K.: Polytekhnika, 2007. — 218 p.
4. Информационный портал: Государственная служба статистики Украины [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://ukrexport.gov.ua/rus/economy>
5. Леснікова М. В. Застосування методів факторного аналізу для побудови рейтингу інвестиційної привабливості фінансового стану підприємств / М. В. Леснікова // Статистика України. — 2004. — № 3.
6. Saati T. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
7. Коваленко И. И. Классификация групповых экспертных оценок с применением адаптивных робастных статистических процедур / И. И. Коваленко, А. В. Швед // Системные технологии. — 2010. — № 1 (66).

УДК 656.025

**К. Ю. Арбузов,**  
ООО «Настоящая экспедиторская компания»

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

### METHODICAL APPROACHES TO THE ESTIMATION OF STATE AND DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

В статье рассматриваются различные подходы к классификации индикаторов и показателей, характеризующих состояние и использование инфраструктуры водного и других видов транспорта, позво-