

doi: <https://doi.org/10.15407/knit2016.04.003>

УДК 65.012; 519.9

О. П. Федоров, Л. И. Самойленко, Л. Н. Колос

Институт космических исследований Национальной академии наук Украины
и Государственного космического агентства Украины, Киев

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Проанализирована методология оценки эффективности космических программ и рассмотрены подходы к созданию методологии оценивания социально-экономической эффективности отечественной космической деятельности. Сформулированы методологические принципы анализа эффективности государственных космических программ как сложного слабоструктурированного объекта исследований, предложена критериальная база оценивания. Рассмотрены две группы критериев, относящиеся к различным стадиям выполнения программ (текущие и законченные). Предложена расчетная схема определения интегральных оценок эффективности альтернатив, основанная на модифицированном методе анализа иерархий.

Ключевые слова: космическая программа, оценка эффективности, критериальная база оценивания, модифицированный метод анализа иерархий.

ВВЕДЕНИЕ

Оценивание результативности космических программ (КП) — неперенный атрибут космической деятельности, который в последнее время приобретает все большую значимость. В начале космической эры оборонные соображения оправдывали высокую стоимость космических проектов, а общество было вдохновлено беспрецедентными успехами первопроходцев космоса. В современной космической политике решение о реализации конкретной программы принимается, как правило, с учетом оценивания ее эффективности, которое выполняется квалифицированными специалистами на основе сложных методических разработок. Так, реализация масштабной европейской программы

COPERNICUS (прежнее название GMES) осуществляется на основе масштабного изучения последствий ее выполнения для различных отраслей экономики Европы на период до 2030 г. [16]. Разрабатываемая ведущими космическими агентствами долгосрочная программа исследований космического пространства [22] содержит специальный документ, в котором сформулированы социально-экономические выгоды от такой программы [13]. Современную методологию оценивания эффективности космических программ активно разрабатывают несколько научных центров [14].

Такое значение методически выверенного оценивания эффективности КП можно связать с изменением парадигмы современной космической деятельности (КД), которая ориентирована на интересы широкого круга потребителей и общенациональные задачи. Во всяком случае

© О. П. ФЕДОРОВ, Л. И. САМОЙЛЕНКО, Л. Н. КОЛОС, 2016

этот тезис является ключевым в стратегических документах ведущих космических держав [22]. Политически мотивированные или имиджевые решения, разумеется, имеют место в практике управления, но их следует считать скорее исключениями, подтверждающими общее правило.

С учетом такого подхода к программной деятельности государственные органы при рассмотрении бюджетных запросов космических агентств часто не только уменьшают запланированные расходы, экономя деньги для «земных» нужд, но наоборот, выделяют дополнительное финансирование на основе собственных представлений об эффективности космических программ. Характерным примером может служить решение Конгресса США о бюджете НАСА на 2016 год. Законодатели решили, что научная часть программы может быть выполнена при условии выделения дополнительных средств в размере 1.3 млрд дол. (при этом общее финансирование достигло рекордного уровня в 19.3 млрд дол. [19]).

В Украине подходы к оцениванию космических проектов разрабатывались специалистами Института технической механики НАН Украины и другими учреждениями [1, 3–5, 8–9, 11]. Общие требования к выполнению заданий Общегосударственной (национальной) космической программы содержат положения об оценке эффективности и при составлении итоговых отчетов. Однако практика составления официальных отчетов и идеология, заложенная в них, существенно отличаются от упомянутых зарубежных примеров и носят скорее формальный характер. Главное отличие состоит в том, что оценивание эффективности не является этапом процесса принятия решений, анализа возможных сценариев и путей достижения поставленных целей. Поэтому задачи космических программ слабо согласованы с общими задачами научно-технического и экономического развития страны и формулируются на основе рекомендаций специалистов, а выделенное финансирование неочевидным образом связано с содержанием запланированных работ. Такое положение является следствием общего состояния долгосрочного целеполагания и стратегического планирования

органами госуправления, а также невысокой приоритетности программ высокотехнологического и инновационного развития.

Такая ситуация не может оправдывать практическое отсутствие методологии оценивания социально-экономической эффективности отечественных космических программ. Космическая держава не может не иметь согласованной системы принципов и критериев отбора и оценивания государственных программ и проектов. Лица, принимающие решения, специалисты отрасли, ученые и общественность при обсуждении приоритетов и планов развития должны иметь общую систему координат, язык для плодотворной дискуссии.

Отметим, что методология оценивания, как и практика стратегирования в области КД, не могут быть позаимствованы у других стран. Определение путей достижения целей, принципов и критериев оценивания существенным образом опирается на национальные приоритеты, учитывает собственный научно-технический уровень, параметры космической индустрии, а также интегрированность в систему международного разделения труда.

Настоящее рассмотрение ограничивается сферой космических программ, т. е. речь идет о тех выгодах, которые получают пользователи и общество в целом в результате выполнения национальной КП. При этом родственные понятия производственной эффективности (или эффективности предприятий), эффективности управления, эффективности создания космической техники и некоторые другие виды эффективности не рассматриваются, хотя и имеют очевидные связи с оценкой социально-экономической эффективности КП. Такой подход реализует оценивание с точки зрения требований внешней среды и отражает современные требования к космической деятельности.

В настоящей работе кратко анализируется состояние проблемы и предлагаются возможные подходы к разработке отечественной методологии оценки социально-экономической эффективности космических программ как элемента системы принятия решений в области космической деятельности.

КРАТКИЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНИВАНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

В общем случае понятие эффективности означает соотношение результатов некоторой деятельности и затрат труда и ресурсов, связанных с достижением этих результатов. Поэтому эффективность является величиной относительной, в отличие от экономического эффекта, который оценивают в абсолютных единицах.

После работ основоположника концепции эффективности в экономической науке В. Парето [2] эффективность часто рассматривают не как соотношение, а как состояние социально-экономической системы. Эффективное (или оптимальное) состояние по Парето — это такое состояние экономической системы, при котором значение каждого частного показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других. В экономике ситуация, когда достигнута эффективность по Парето, — это ситуация, когда все выгоды от компромисса частных показателей исчерпаны. Парето-эффективность и является одним из центральных понятий современной экономической науки и предполагает соблюдение трех условий: эффективность в сфере производства, в структуре размещения ресурсов и в распределении благ между потребителями. Подход Парето имеет очевидные ограничения, предполагая стихийность достижения оптимума посредством рыночных механизмов и оставляя вне рассмотрения социальный аспект, т.е. потребности и интересы граждан, среди которых распределяются блага.

В пределах нашего исследования необходимо сделать вывод о том, что даже простая и идеализированная модель экономической системы рассматривает эффективность как достаточно сложное понятие. Его описание требует совокупности разнородных критериев, отражающих существо эффективности, а также показателей для измерения и сопоставления эффективности оцениваемых объектов в соответствии с ее критериями.

Экономическая результативность космических программ привлекала внимание исследо-

вателей с начала космической эры. Поскольку освоение космоса с точки зрения экономики означает привлечение нового ресурса, естественно оценивать его экономическое значение. Одна из самых популярных идей колонизации космоса, выдвинутая профессором О'Ниллом в 1976 г. (т. н. цилиндры О'Нилла) [20] предполагала создание *самоокупаемого* поселения, размещенного на стабильной орбите между Землей и Луной (в точке Лагранжа L5). Это одно из первых последовательных описаний космического поселения, используемого для производственной деятельности человека, которое продолжает служить в качестве модели для последующих проектов. Показателен сравнительный анализ этого проекта и проектов использования космических технологий для земных нужд, осуществленный в фундаментальной работе [21]. Т. Сандер и В. Шульце сравнили этот проект, а также два других проекта освоения дальнего космоса (космическая энергетика и космическое материаловедение) с проектами космических телекоммуникаций, военных применений и научных исследований. В расчетах использовали экономико-математическую балансовую модель (input-output analysis), характеризующую связь между выпуском продукции в одной отрасли и затратами всех участвующих отраслей. В этой, по всей видимости, первой последовательной экономической оценке космических проектов сделан вывод о большей экономической эффективности второй из упомянутых групп проектов.

Среди других распространенных методов экономического анализа космических программ отметим: микроэкономический анализ, предполагающий оценку внедрения конкретных технологий; макроэкономическое моделирование (предсказание долговременных факторов влияния на рост производства); методику анализа доходов и расходов (cost-benefit analysis) — системный подход к оценке сильных и слабых сторон альтернатив, которые удовлетворяют функциональным требованиям для данной отрасли. По мнению автора обзорной работы [14], все использовавшиеся методы анализа экономической эффективности не дают надежных результа-



Рис. 1. Прогнозная оценка эффективности программы COPERNICUS [16]

тов, вызывая серьезные дискуссии относительно их интерпретации. Так микроэкономический анализ дает весьма завышенные оценки эффективности некоторых конкретных внедренных технологий (обсуждается эффект от внедрения тефлона), оправдывая расходы на дорогостоящие миссии. Важным ограничивающим моментом является положенная в основу всех упомянутых методик «линейная модель» инноваций, которая неприменима в современной экономике.

Учитывая эти замечания, вряд ли можно полагаться на популярную и часто цитируемую оценку программ НАСА, полученную исследовательским институтом Среднего Запада (Midwest Research Institute, MRI) (цитируется по работе [17]). В отчете утверждается, что каждый доллар, вложенный в исследования и разработки НАСА в течение 1950—1969 гг., дал к 1987 г. в среднем семь долларов увеличения ВВП США.

Анализ открытых источников по обсуждаемой теме позволяет заключить, что в настоящее время многие космические агентства и правительственные органы при планировании больших программ ориентируются на макроэкономические прогнозные оценки. Отметим в качестве характерного примера фундаментальное исследование прогнозной эффективности европейской программы наблюдения Земли COPERNICUS, выполненное по заказу Еврокомиссии [16]. Это масштабное многостадийное исследование основано как на анализе статистической инфор-

мации, так и на конкретной работе с представителями отраслей, которые прямо или косвенно используют (или будут использовать) продукцию КП. При этом впервые проанализированы различные уровни развертывания и внедрения инфраструктуры и сервисов COPERNICUS (рассмотрены четыре сценария). Дана прогнозная оценка эффективности программы, основанная на экономическом анализе потенциальных прибылей десятков отраслей в период 2014—2030 гг. (рис. 1).

В сценарии полномасштабного развертывания системы авторы дают интервал значений эффективности (отношения доходов к расходам) от 1.9 до 5.4 (в зависимости от закладываемых условий состояния экономики). Один из выводов этого исследования состоит в том, что максимальная эффективность программы достигается при максимальном внедрении космической инфраструктуры в различные отрасли, а наибольший эффект проявляется при длительном использовании сервисов (т. е. ближе к 2030 г.).

Остановимся на важном методологическом аспекте этого исследования, который касается вопроса о выборе тех сфер, для которых проводились расчеты. В работе [16] общий эффект рассчитывался на основе суммарного дисконтированного дохода некоторой выборки отраслей, а их перечень и относительная значимость определялись на основе приоритетов современной политики ЕС. Кроме того, оценивался

и не прямой вклад в эффективность на основе методик других авторов. Таким образом, принципиальным моментом методики оценивания эффективности явился не только метод подсчета денежного выражения доходов определенных отраслей, но и выбор собственно сфер оценивания.

Этот аспект методологии оценивания эффективности выступает сегодня одним из главных объектов изучения. Так, в работах [15, 18] рассматривается классификация типов влияния космических программ. В обобщенном виде их можно представить следующим образом: прямые эффекты возникают вследствие продажи продукции и сервисов, которые напрямую связаны с целью космического проекта; косвенные эффекты обусловлены выполнением таких проектов, но не планировались заранее (например, spin-off-технологии, разработанные для космоса и внедренные в другие отрасли); и, наконец социальные эффекты, воздействующие на общество в целом (экономический эффект от которых оценить весьма трудно).

В табл. 1 представлена идеологически близкая трактовка этих понятий из работы [18], иллюстрирующая различные виды эффектов.

В документе Международной группы по стратегическому планированию, посвященном эф-

фективности космических проектов [22], зафиксирован согласованный подход космических агентств к решению рассматриваемой задачи. Он, правда, ориентирован на проекты исследования и освоения космоса и не рассматривает прикладные и коммерческие использования. Фундаментальные социально-экономические результаты, получаемые в ходе освоения космоса, сгруппированы следующим образом: инновации, культура и духовность, новые средства для решения глобальных проблем. В этом подходе экономические результаты относятся к непрямым, а оценка перспективной эффективности выражается вербальным описанием прорывных решений (миниатюризация, повышение срока службы и надежности, низкие затраты на запуски и др.).

В целом можно отметить возрастающий интерес космических агентств и государственных органов к проблеме оценки эффективности КД, увеличивающееся количество публикаций, а также научных центров, занимающихся данной проблемой. При этом, как следует из приведенного краткого обзора, мы еще далеки от выработки основ аналитической методологии (превалируют вербальные описания), а количественные методы относятся к частным проектам. Все это связано с очевидной сложностью объ-

Таблица 1. Виды социально-экономической эффективности

Вид	Категория	Характеристика выгоды	Примеры
Прямые выгоды	Космос как фактор, дающий уникальные возможности	Без данной технологии эффект невозможен принципиально	Глобальная навигация, прямое телерадиовещание (direct TV)
	Космос как вспомогательный фактор	Некоторые космические технологии повышают качество жизни, удешевляют производство	Прогноз экстремальных погодных явлений, контроль морского льда, точное земледелие и др.
Непрямые выгоды (spin-off)		Эффект как результат применения космических технологий к земной деятельности (не предусматривалось при разработке космического проекта)	МРТ-сканеры, имплантируемый дефибрилятор, лапароскопия, системы фильтрации для очистки воды
Социальные и нематериальные выгоды		Не измеряются количественно (информирование общественности, политические дивиденды, международный авторитет)	Национальный престиж, понимание природы климатических изменений; уникальные открытия (телескоп им. Хаббла)

екта исследований, трудностью формализации моделей, недостаточной методологической проработкой. Между тем, практическая необходимость разработки и применения аналитической методологии оценивания собственных космических программ, проектов, возможных сценариев космической деятельности актуализирует исследования в этой области.

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ. СХЕМА ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Выработку методологии оценивания КД для подготовки плановых решений по ее развитию рассматриваем как аналитический иерархический процесс, включающий согласованные и взаимосвязанные составляющие: *концептуальную, методическую, математическую.*

Концептуальная составляющая. Сформулируем концептуальные принципы построения методологии оценивания с учетом состояния проблемы, кратко изложенного в предыдущем разделе, а также современной парадигмы космической деятельности.

- Анализ эффективности космической деятельности проводится на различных уровнях. Во-первых, рассматривается соответствие целей КД общегосударственным задачам и ценностным нормам на конкретном этапе общественного развития. Во вторых, рассматривается целевая эффективность, т. е. оценка деятельности с точки зрения достижения поставленных в космической программе целей; важнейшим элементом является анализ с точки зрения соотношения затрат и результатов (экономическая составляющая).

- Цели и задачи космической деятельности подчинены национальным приоритетам, а цели космических программ являются функциями целей государственной политики в экономической, научно-технической, военной сферах, безопасности и обороны, устойчивого развития.

- Анализ эффективности КД на указанных уровнях оценок, а также планирование космической деятельности являются составной частью общей задачи управления, которая включает разработку планов, оценку результативности работ и контроль их выполнения.

- Анализ проектов, программ, сценариев КД и выбор наиболее эффективных вариантов реализуются на основе выработки *критериев*, отражающих сущность эффективности, а также показатели, которые служат средством измерения и сопоставления эффективности в соответствии с критериями.

Сформулированные принципы отражают не только общие подходы к формированию современных космических программ, но и рассматривают анализ эффективности как составную часть процесса управления. При этом полагается неправомерным подход, согласно которому имеется некая утвержденная программа либо стратегия, и следует только рассчитать эффективность мер по ее достижению. Принципиально важна также оценка соответствия ее целей общенациональным задачам и общественным потребностям.

Методическая составляющая. Выбор путей достижения поставленных целей и соответствующих им приоритетов космической деятельности предполагает выбор наиболее эффективного варианта из ряда возможных альтернативных. Для этого необходимо построить правило количественного сравнения оцениваемых альтернатив по комплексу разнородных критериев, что возможно путем формализации рассматриваемой задачи на основе адекватной методической и математической платформы.

Принципиально важным этапом процесса оценивания является введение весовых коэффициентов, определяющих относительную важность различных критериев. Эта процедура может быть прерогативой лица, принимающего решение, с учетом его понимания уровня приоритетности того или иного направления КД.

Таким образом, методология оценивания может быть представлена следующим образом:

- анализ проблемной ситуации, построение системы целей;
- формулирование или генерация альтернатив;
- определение критериев выбора предпочтительной альтернативы и соответствующей системы показателей;
- построение структурной модели проблемы оценивания альтернатив;

— определение относительной значимости критериев (их весовых коэффициентов);

— разработка расчетной схемы определения интегральных оценок эффективности альтернатив по комплексу критериев;

— аналитическое сравнение альтернатив и выбор наилучшего решения.

С позиций системного анализа КД можно классифицировать как «большую» систему, многоуровневый и многосвязный объект исследований. Космическая деятельность направлена на достижения многих целей, в результате естественным образом задача становится многокритериальной и имеет большую размерность. В математическом аспекте рассматриваемый объект является слабоструктурированным (нечетко определяемая структура) и слабоформализуемым (невозможно построить строгую математическую модель, описывающую основные свойства объекта). Современной теорией принятия решений [12] предлагаются подходы к структуризации и моделированию объектов рассматриваемого класса путем выполнения процедур целевого и структурно-функционального анализа. Определяющей особенностью КД как объекта исследований является также наличие как количественных (измеряемых в абсолютных единицах), так и качественных (имеющих вербальное описание) характеристик, в последнем случае это обуславливает необходимость привлечения экспертов, сбора и обработки субъективной экспертной информации. Осуществляемый экспертами переход от качественных (вербальных) оценок к количественным (как правило, с применением балльных шкал) позволяет использовать математический аппарат и обеспечивает логико-количественную основу решения задачи оценивания и выбора альтернатив.

Математическая составляющая. Математически задача оценивания и выбора может быть сформулирована следующим образом:

$$\{\{A\}, \{K\}, U\} \rightarrow A^*,$$

где $\{A\}$ — множество альтернативных проектов (сценариев), $\{K\}$ — множество критериев оценивания, U — правило, по которому устанавливается преимущество одной из альтернатив, A^* — предпочтительная альтернатива.

Таким образом, задача принятия решения по оценке альтернативных проектов имеет следующую постановку: необходимо сформулировать цели, выбрать соответствующую систему критериев $\{K\}$, провести оценку каждой альтернативы из множества $\{A\}$ по каждому критерию и найти наилучшую альтернативу A^* , руководствуясь сформулированным решающим правилом U , определяющим порядок агрегации (свертки) оценок по отдельным критериям.

КРИТЕРИАЛЬНАЯ БАЗА ОЦЕНИВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В рамках сформулированного подхода ниже предлагаются две группы критериев и показателей, которые следует положить в основу процесса оценивания.

Первая группа критериев (табл. 2) используется для анализа объектов, по которым можно сформировать целостную картину количественных и качественных показателей, позволяющих оценить социально-экономическую эффективность. Таковыми могут быть законченная программа, либо программа (проект, сценарий), для которой оценивается прогнозная эффективность.

На основе анализа концептуальных и стратегических документов, в которых отражена или подразумевается роль космической деятельности в Украине, сформулирован перечень критериев, имеющий иерархическую структуру [10].

Верхний уровень оценивания выражает вклад космической программы в достижение общегосударственных приоритетных задач. Этот вклад оценивается по системе наиболее общих критериев: экономического развития, научно-технической и социальной сфер, устойчивого развития, обороны, безопасности, внешнеполитических задач. Эти общие критерии характеризуются совокупностью показателей, характеризующих конкретный вклад космической деятельности. Для каждого показателя вырабатывается соответствующая шкала оценивания, которая основывается на количественных или качественных величинах.

Приведенные показатели, по мнению авторов, отражают сущность ожидаемых эффектов

Таблица 2. Система критериев оценивания эффективности космических программ

Общегосударственный приоритет	Критерии и показатели	Вид оценки, единица измерения
<i>1. Экономические критерии</i>		
1.1. Повышение инновационного потенциала экономики / внедрение инноваций в отрасли экономики	Внедрение инновационных технологий: <ul style="list-style-type: none"> • количество разработанных инновационных технологий • прогнозируемый эффект внедрения в космическую отрасль • прогнозируемый эффект внедрения в другие отрасли экономики • экономия затрат за счет использования космических технологий при принятии управленческих решений 	Количество технологий грн
1.2. Завоевание рынков космических услуг / экспортный потенциал, формирование новых внутренних рынков (коммерциализация)	Создание новых рынков, видов продукции: <ul style="list-style-type: none"> • прогнозируемый объем экспортной продукции (услуг) отрасли • прогнозируемый объем реализации продукции (услуг) на новых внутренних рынках 	грн грн
1.3. Повышение экономических показателей предприятий и космической отрасли в целом	Экономия средств за счет участия в международных проектах Экономические показатели предприятий: <ul style="list-style-type: none"> – уровень объемов производства, реализации новой продукции – чистый дисконтированный доход – уровень рентабельности – индекс прибыльности – уровень фондоотдачи – другие 	грн грн грн % % %
<i>2. Научно-технические критерии</i>		
2.1. Повышение уровня научных знаний в конкретных областях	<ul style="list-style-type: none"> • значимость и новизна результатов • выдвижение прорывных идей и решений • стимулирование новых междисциплинарных направлений 	Экспертная
2.2. Повышение общего научно-технического и технологического уровня отраслей экономики, сфер управления, обороны и безопасности, образования, природопользования	<ul style="list-style-type: none"> • разработка научных основ прорывных технологий (возможность получения наукоемкой инновационной продукции) • уровень наукоемкости разработанных технологий и видов продукции за счет внедрения результатов космических проектов • уровень внедрения научно-методических разработок с использованием космической информации и технологий в: <ul style="list-style-type: none"> – образовательный процесс – повышение квалификации специалистов – опытно-конструкторские и технологические разработки отраслей 	Экспертная
2.3. Повышение уровня научно-технических услуг	<ul style="list-style-type: none"> • уровень использования новых знаний, технологий и информации в: <ul style="list-style-type: none"> – предоставлении услуг (навигация, позиционирование, наблюдение Земли, телекоммуникации) – в системах стандартизации, метрологии, контроля качества – информационных системах – научно-техническом консультировании («космические составляющие» в технологической и нормативной документации соответствующих сервисов) 	Экспертная

Общегосударственный приоритет	Критерии и показатели	Вид оценки, единица измерения
3.1. Содействие укреплению оборонного потенциала	<p><i>3. Критерии сферы обороны и безопасности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • новейшие образцы ракетной техники оборонного назначения • новейшие технологии двойного назначения • обеспечение информацией о состоянии и характеристиках военных формирований, военных и стратегических объектах в стране и других государствах и т. д. 	Экспертная
3.2. Повышение уровня безопасности жизнедеятельности	<ul style="list-style-type: none"> • снижение рисков продовольственной, энергетической, информационной опасности, природных бедствий и техногенных катастроф • улучшение управления кризисными операциями • снижение затрат на меры по предотвращению опасных ситуаций • количество внедренных новых аттестованных методик, сервисов 	Экспертная грн Количество методик, сервисов
<p>4.1. Повышение качества экологического мониторинга (загрязнение окружающей среды, городские агломерации, биоразнообразие и т. д.)</p> <p>4.2. Новые возможности контроля ресурсов и рационального природопользования</p> <p>4.3. Повышение качества прогнозирования погоды</p>	<p><i>4. Критерии устойчивого развития</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • снижение рисков, связанных с экологическими проблемами • повышение надежности оценок и прогнозов за счет использования спутниковых данных • усовершенствование процесса принятия решений за счет использования космической информации • количество внедренных новых аттестованных методик, сервисов 	Экспертная Количество методик, сервисов
<p>5.1. Уровень жизни граждан</p>	<p><i>5. Критерии социальной сферы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • создание новых рабочих мест • количество и уровень услуг, улучшающих качество жизни, обеспеченность современными цифровыми услугами связи, вещания, передачи данных, навигации • повышение квалификации • улучшение условий труда • повышение уровня образования • повышение осведомленности граждан о преимуществах применения сервисов с космической информацией, участие в их использовании 	Количество рабочих мест количество услуг Экспертная
5.2. Воздействие на молодое поколение	<ul style="list-style-type: none"> • вовлеченность учащейся молодежи в образовательные и исследовательские программы • популяризация новых мировоззренческих знаний и уникальных результатов космической деятельности • количество и уровень новых образовательных и учебных программ 	Экспертная Количество программ/экспертная
<p>6.1. Уровень международного сотрудничества</p> <p>6.2. Престиж и политическая значимость государства, региональное лидерство</p>	<p><i>6. Критерии сферы внешней политики</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • количество международных договоров и соглашений в области космической деятельности • количество международных проектов, в которых принимает участие Украина • научная и технологическая значимость проектов 	Количество договоров, соглашений, проектов Экспертная

в каждой сфере деятельности. Так, экономический эффект включает не только повышение дохода предприятий от продажи космической продукции и услуг, но и доходы от внедрения инноваций (непрямой эффект), а также возможный эффект от формирования новых рынков, включая зарубежные. Последний фактор отражает один из важных приоритетов украинской ракетно-космической отрасли. Рассматриваемые показатели имеют различные метрики: экономические предполагается рассчитывать в денежных единицах; ряд показателей выражаются количественно (когда это возможно), качественные показатели служат основанием для экспертных оценок.

Вторая группа критериев. Учитывая длительность подготовки, реализации и внедрения космических проектов и программ, важными представляются оценка промежуточных результатов работ, а также принятия решений о целесообразности их продолжения или корректировки. Кроме того, составные части выполняемых работ (результаты исследований, научно-технические решения, макеты, информационные технологии) могут иметь самостоятельное значение и оцениваться на текущем этапе. Есть специфические проекты, социально-экономический эффект от реализации которых ожидается в далеком будущем или весьма опосредованным образом. Примерами могут быть создание лунной базы, подготовка пилотируемых полетов и т. д., т. е. случаи, когда руководством принимается решение обеспечить приоритет в определенном секторе космонавтики. Другими видами работ являются инфраструктурные проекты (строительство пусковых площадок, универсальных испытательных стендов, полигонов и т. д.), реализация которых направлена на наращивание потенциала космической отрасли. Для таких типов проектов оценка эффективности проводит-

ности их продолжения или корректировки. Кроме того, составные части выполняемых работ (результаты исследований, научно-технические решения, макеты, информационные технологии) могут иметь самостоятельное значение и оцениваться на текущем этапе. Есть специфические проекты, социально-экономический эффект от реализации которых ожидается в далеком будущем или весьма опосредованным образом. Примерами могут быть создание лунной базы, подготовка пилотируемых полетов и т. д., т. е. случаи, когда руководством принимается решение обеспечить приоритет в определенном секторе космонавтики. Другими видами работ являются инфраструктурные проекты (строительство пусковых площадок, универсальных испытательных стендов, полигонов и т. д.), реализация которых направлена на наращивание потенциала космической отрасли. Для таких типов проектов оценка эффективности проводит-

Таблица 3. Система критериев оценивания текущих космических проектов

№ п/п	Критерии
<i>Экономические критерии</i>	
1.	Уровень фактического финансирования проекта (определяется соотношением планового и фактического финансирования за отчетный период, скорректированного на коэффициент ритмичности поступления (использования) средств)
2.	Объем выполненных работ в натуральном виде: состав продукции (отношение план/факт для конечного продукта) оценка процента выполнения объема работ для переходящего этапа
3.	Уровень качества (соответствие требованиям ТЗ)
4.	Прогнозная оценка удорожания конечной стоимости работ относительно запланированного (объема выпуска дополнительной продукции, не предусмотренной ТЗ)
5.	Прогнозная оценка сдвига сроков окончания работ по проекту
<i>Научно-технические критерии</i>	
6.	Фактический научно-технический уровень конечной продукции по отношению к заявленному в процессе подготовки предложения
7.	Степень актуальности задач, решенных в ходе выполнения проекта, по отношению к заявленному
8.	Степень инновационности проекта в целом и разработок, выполненных в ходе реализации проекта
<i>Критерии гуманитарной сферы</i>	
9.	Степень воздействия результатов проекта на популяризацию космонавтики, привлечение молодежи в сферу космической деятельности
10.	Использование результатов проекта в учебных программах, тренингах, разработки новых методик обучения
11.	Уровень международных контактов в ходе выполнения проекта, популяризации достижений Украины на международных форумах, конференциях, симпозиумах

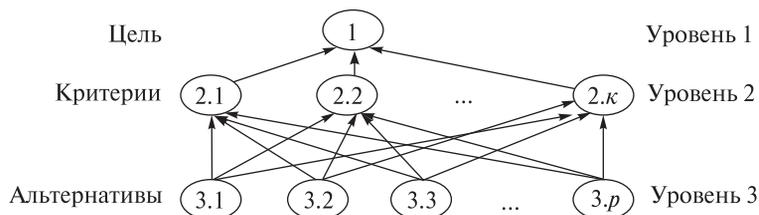


Рис. 2. Схема структурирования задачи оценивания альтернатив (k — число критериев, p — число альтернатив)

ся на основе мониторинга текущих показателей их выполнения (объем выполненных работ, уровень качества, сроки). В зарубежной литературе применяется термин «эффективность работы с агентством», который отражает степень выполнения задачи, поставленной правительством перед космическим агентством. В подобных случаях для анализа результативности работ предлагается использовать группу критериев, представленных в табл. 3.

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВ ПО КОМПЛЕКСУ КРИТЕРИЕВ

Оценивание космических проектов (программ, сценариев) по приведенным в табл. 2 критериям предполагает получение и сравнение интегральных (по комплексу критериев) оценок альтернатив. Вообще говоря, имеют смысл и абсолютные величины показателей по отдельным критериям (в первую очередь, экономическим), однако корректное решение задачи выбора наилучшей альтернативы требует их сопоставления по всей совокупности критериев.

Оценивание текущих космических проектов по критериям табл. 3 не предполагает критериального сопоставления альтернатив, в этой связи для получения оценок эффективности их выполнения могут быть использованы широко распространенные на практике методы, например, метод простой линейной свертки.

Многокритериальное сравнение и выбор эффективных альтернатив является центральной задачей теории принятия решений, в рамках которой наработаны различные подходы. Авторы настоящей работы в предыдущих исследованиях пришли к выводу о наибольшей релевантности метода анализа иерархий (МАИ) [7] и предложили собственный вариант применения *модифика-*

ции этого метода к оценке космических проектов и программ.

Согласно МАИ, *начальным этапом* является построение иерархической структурной модели задачи оценивания. В нашем случае основу такой модели составляют сформулированные выше цели (верхний уровень иерархии) и система критериев (табл. 2 или 3), которая, в зависимости от специфики предметной области, может занимать один или несколько иерархических уровней. На самом нижнем уровне иерархии находятся оцениваемые альтернативы. В общем, наиболее простом случае структурная модель задачи оценивания может быть проиллюстрирована схемой трехуровневой иерархии, приведенной на рис. 2.

На *следующем этапе* проводится расчет весов (весовых коэффициентов важности) объектов каждого уровня иерархии путем их попарного сопоставления по степени значимости по отношению к верхнему примыкающему (по стрелкам) объекту иерархии.

Процедура сопоставления осуществляется как для количественных, так и для качественных характеристик, результаты записываются в матрицу попарных сравнений

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \omega_1 / \omega_2 & \omega_1 / \omega_3 & \dots & \omega_1 / \omega_n \\ \omega_2 / \omega_1 & 1 & \omega_2 / \omega_3 & \dots & \omega_2 / \omega_n \\ \omega_3 / \omega_1 & \omega_3 / \omega_2 & 1 & \dots & \omega_3 / \omega_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_n / \omega_1 & \omega_n / \omega_2 & \omega_n / \omega_3 & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Здесь элементы матрицы a_{ij} — коэффициенты относительного преимущества, определяющие, насколько i -й объект данного уровня иерархии важнее j -го объекта этого уровня (например, насколько i -й критерий важнее j -го критерия по отношению к цели), n — число сравниваемых объектов иерархического уровня, определяющее порядок матрицы, $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ — искомый вектор весов (значимости) объектов уровня. Сопоставление объектов каждого уровня иерархии проводится экспертами с использованием специальной шкалы относительной важности, которая ставит в соответствие вербальным оценкам степени преимущества объектов по важности числовые эквиваленты, для этого автором МАИ предложены числовые градации 1, 3, 5, 7, 9. Так, если эксперт считает, что критерий 2.1 (рис. 2) равен по важности критерию 2.2 по отношению к цели, то коэффициент a_{12} матрицы (1) полагается равным 1, если же критерий 2.1 имеет умеренное преимущество по отношению к 2.2 — a_{12} полагается равным 3 и т. д.

Элементы матрицы, находящиеся ниже единичной главной диагонали, определяются из условия обратной симметричности

$$a_{ji} = 1/a_{ij}. \quad (2)$$

Искомый весовой вектор (весовые коэффициенты важности объектов иерархии) является собственным вектором матрицы A , отвечающим ее максимальному собственному значению $\lambda = n$. В рамках стандартного МАИ он может быть найден как решение матричного уравнения

$$A\omega = \lambda_{\max}\omega, \quad (3)$$

при этом, если матрица A совместна, то существует единственное решение системы линейных алгебраических уравнений (3), удовлетворяющее условию нормировки. Однако на практике свойство совместности, как правило, не выполняется из-за нарушения экспертами при построении матрицы A свойств транзитивности, что приводит к невыполнению очевидных равенств типа

$$a_{ij} = a_{ik}a_{kj} = \frac{\omega_i}{\omega_k} \frac{\omega_k}{\omega_j},$$

при этом максимальное собственное значение, как правило, больше n . В результате весовой век-

тор определяется с заведомой «модельной» ошибкой, для диагностики которой автор МАИ ввел числовой показатель — индекс совместности

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (4)$$

Если (4) превышает заданное пороговое значение, рекомендуется корректировать анализируемую матрицу в контексте уменьшения противоречивости экспертных данных.

В работе [6] предложен и теоретически обоснован *модифицированный* вариант МАИ, который обеспечивает совместность матрицы попарных сравнений и при этом существенно проще исходного метода как на стадии диалога с экспертами (построения матрицы), так и на стадии вычисления весового вектора. Процедура построения матрицы (1) упрощается в связи с тем, что от эксперта требуются суждения не обо всех ее элементах, находящихся выше главной диагонали (для этого эксперту необходимо выполнить $n(n-1)/2$ операций попарных сравнений объектов данного уровня иерархии (n — число сравниваемых объектов и порядок матрицы), а лишь о некотором наборе ее $n-1$ базисных элементов. При $n > 3$ выполняется соотношение

$$(n-1) \ll n(n-1)/2, \quad (5)$$

т. е. для задач большой размерности существенно уменьшается число требуемых экспертных процедур попарных сравнений. Набор *базисных элементов* предлагается формировать на усмотрение эксперта либо по схеме «сравнения с образцом», либо по схеме «последовательного сравнения» из соображений получения наиболее надежной информации. В первом случае эксперт сравнивает по значимости первый и второй объекты иерархического уровня (рис. 2) и с использованием шкалы относительной важности указывает число a_{12} ; далее первый объект сравнивается с третьим и т. д. (в качестве «образца» выступает первый объект). В результате с учетом равенства $a_{11} = 1$ (объект сравнивается сам с собой), становится известной вся первая строка матрицы A :

$$a_{11} = 1, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1n}. \quad (6)$$

В случае схемы «последовательного сравнения» набор базисных элементов включает элементы

$a_{12}, a_{23}, \dots, a_{n-1,n}$ (эксперт сравнивает первый объект со вторым, второй с третьим и т. д.).

При использовании в качестве базисного набора первой строки (6) матрицы (1) ее остальные элементы могут быть однозначно найдены из простых алгебраических соотношений совместности

$$a_{ij} = a_{i1}a_{1j} = \frac{a_{1j}}{a_{1i}}, \quad i = 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

и равенства (2). Искомый вектор весов (ненормированный) важности объектов иерархического уровня определяется простыми соотношениями

$$\omega_i = \frac{a_{1n}}{a_{1i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Как видно из (7), для определения составляющих весового вектора вообще исключается необходимость строить всю матрицу (что предлагается в стандартном МАИ), веса можно определить только на основе элементов (6) ее первой строки.

Искомые нормированные значения весов $\hat{\omega}_i$ рассчитываются путем деления каждой составляющей ω_i вектора весов (7) на сумму всех составляющих

$$\hat{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, \quad \sum_{i=1}^n \hat{\omega}_i = 1, \quad i = 1, \dots, n.$$

Каждая составляющая $\hat{\omega}_i$ определяет относительную важность i -го объекта иерархического уровня, сумма нормированных весов объектов уровня равна единице.

По указанной схеме рассчитываются веса объектов всех иерархических уровней. Определение весов позволяет линейно упорядочить (ранжировать) объекты каждого уровня и количественно оценить их сравнительную ценность. Это дает возможность предметно интерпретировать сравнительную важность каждого объекта иерархии, например для уровня 2 (рис. 2) определить критерий, который дает наибольший вклад в достижение цели, наименьший вклад и т.д.

На нижнем уровне иерархии проводится попарное сравнение оцениваемых проектов по каждому из критериев и по приведенным выше

простым формулам рассчитываются веса альтернатив по каждому критерию.

Заключительный этап процедуры оценивания — расчет обобщенных оценок эффективности проектов по формуле линейной свертки

$$Y_s = \sum_{q=1}^k \omega_q y_{sq}.$$

Здесь Y_s — оценка s -го проекта, $s = 1, \dots, p$, ω_q — вес q -го критерия по отношению к цели, $q = 1, \dots, k$, y_{sq} — важность s -й альтернативы по q -му критерию. В качестве *наиболее эффективной* выбирается альтернатива с индексом s , имеющая максимальное значение интегральной оценки $Y_s = \max$.

Таким образом, как следует из приведенной расчетной схемы многокритериального оценивания альтернатив, использование *модифицированного* варианта МАИ позволяет, по сравнению со стандартным подходом, повысить точность решения задачи за счет уменьшения противоречивости экспертных оценок (при этом можно не проверять индекс согласованности (4)), упростить диалог с экспертами (уменьшить количество операций попарных сравнений в силу соотношения (5), что важно для задач большой размерности) и существенно упростить вычислительные процедуры (для расчета весовых коэффициентов значимости используются простые соотношения (7)).

Для оценивания объектов космической деятельности приведенная расчетная схема, по информации авторов, использована впервые. Преимущества предлагаемого подхода к анализу эффективности КД проиллюстрированы в работе [8] на примере задачи многокритериальной оценки проектов исследования космического пространства, моделируемой четырехуровневой иерархической структурой.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ подходов к оцениванию социально-экономической эффективности космических программ и проектов. Рассматривались государственные космические программы как элемент управления космической деятельностью. Разнообразие подходов и различный

уровень анализа (от вербального до специализированных методов) связываются со сложностью и слабой структурированностью объекта исследования.

2. Предложены принципы и схема построения методологии оценивания космических программ, включающие согласованные и взаимосвязанные составляющие: концептуальную, методическую, математическую.

3. Сформулирована критериальная база оценивания космических проектов и программ: критерии оценивания социально-экономической эффективности выполненных (или планируемых) программ и критерии (а также показатели и шкалы оценивания) эффективности выполнения текущих проектов.

4. В качестве методической и математической платформы оценивания предложено использовать модифицированный метод анализа иерархий, предполагающий получение и сравнение интегральных оценок эффективности альтернатив.

1. Алпатов А. П., Марченко В. Т., Хорольский П. П., Сазина Н. П. Методологічні аспекти фінансово-економічного обґрунтування проєктів космічної техніки // Космічна наука і технологія. — 2014. — 20, № 6. — С. 49—59.
2. Гальперин В. М., Игнатъев С. М., Моргунов В. И. Микроэкономика: В 2 т. [Электронный ресурс] Институт «Экономическая школа». — Санкт-Петербург, 2004. — Режим доступа: <http://microeconomica.economicus.ru>. — Загл. с экрана.
3. Гусьнин В. П., Гольдштейн Ю. М., Дорошкевич В. К. и др. Многокритериальный сравнительный анализ объектов ракетно-космической техники // Космічна наука і технологія. — 2005. — 11, № 1/2. — С. 3—9.
4. Дружинин Е. А., Мазорчук М. С., Цихмистро И. Н. Анализ эффективности государственных целевых программ и оценка влияния их реализации на развитие предприятий // Авіаційно-космічна техніка і технологія. — 2003. — Вип. 1. — С. 158—163.
5. Колос Л. Н., Воронин А. Н. Технология многокритериальной оценки иерархических структур для оценивания сценариев развития космической отрасли Украины // Проблемы управления и информатики. — 2009. — № 6. — С. 104—113.
6. Ногин В. Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев // Журн. вычислит. матем. и математич. физ. — 2004. — 44, № 7. — С. 1259—1268.
7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.
8. Самойленко Л. И., Колос Л. Н. Разработка методологии оценивания эффективности космической деятельности // Проблемы управления и информатики. — 2015. — № 6. — С. 132—144.
9. Самойленко Л. И., Яковлева Л. М., Ильенко Т. В. и др. Разработка методологии оценки сценариев в задачах планирования космической деятельности. Часть 1 // Проблемы управления и информатики. — 2005. — № 5. — С. 145—156. — Часть 2. — № 6. — С. 127—131.
10. Федоров О. П., Колос Л. Н. Космическая деятельность Украины: подходы к созданию стратегии // Космічна наука і технологія. — 2011. — 17, № 1. — С. 3—11.
11. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Бондар Е. Н., Козлов З. В. Оценка эффективности космических систем ДЗЗ на основе метода анализа иерархий // Космічна наука і технологія. — 2005. — 11, № 3/4. — С. 75—80.
12. Черноуцкій И. Г. Методы принятия решений. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
13. Benefits Stemming from Space Exploration [Electronic resource], September 2013. — 26 p. — Mode of access: WWW.URL: www.nasa.gov/sites/default/files/files/Benefits-Stemming-from-Space-Exploration-2013-TAGGED.pdf. — Title from the screen.
14. Cohendet P. Evaluating the industrial indirect effects of technology programmes: the case of the European Space Agency (ESA) programmes [Electronic resource], 1997. — P. 189—223. — Mode of access: WWW.URL: www.oecd.org/sti/innno/1907989.pdf. — Title from the screen.
15. Cohendet P. Measuring the Impact of Investments in Space: New Challenges, New Perspectives [Electronic resource], 2013. — Mode of access: WWW.URL: substance-en.etsmtl.ca/measuring-the-impact-of-investments-in-space-new-challenges-new-perspectives/. — Title from the screen.
16. Cost-Benefit Analysis for GMES: Directorate-General for Enterprise & Industry [Electronic resource]. — London, September 2011. — 246 p. — Mode of access: WWW.URL: www.copernicus.eu/sites/default/files/library/ec_gmes_cba_final_en.pdf. — Title from the screen.
17. Economic impact and technological progress of NASA research and development expenditures. Volume 1: Executive report (Midwest Research Institute) [Electronic resource], 1988. — 79 p. — Mode of access: WWW.URL: archive.org/stream/nasa_techdoc_19940005394/19940005394_djvu.txt. — Title from the screen.
18. Gurtuna O. Fundamentals of Space Business and Economics. SpringerBriefs in Space Development. — New York: Springer, 2013. — 85 p.
19. NASA Receives \$19.3 Billion in Final 2016 Spending Bill [Electronic resource] — Mode of access: WWW.URL: spacenews.com/nasa-receives-19-3-billion-in-final-2016-spending-bill/#sthash.CucgoVyd.dpuf. — Title from the screen.

20. O'Neill G. K. *The High Frontier: Human Colonies in Space*. — New York: W. Morrow & Co, 1977. — 288 p.
21. Sandler T., Schulze W. The economics of outer space [Electronic resource] // *J. Natural Res.* — 1981. — **21**, N 2. — P. 371—393. — Mode of access: WWW.URL: law-school.unm.edu/nrj/volumes/21/2/09_sandler_economics.pdf. — Title from the screen.
22. *The Global Exploration Roadmap* [Electronic resource], August 2013. — 50 p. — Mode of access: WWW.URL: www.globalspaceexploration.org/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/GER_2013.pdf. — Title from the screen.

Стаття надійшла до редакції 05.07.16

REFERENCES

1. Alpatov A. P., Marchenko V. T., Khorolskyi P. P., Sazina N. P. Methodology for financial and economic feasibility of conceptual problems in rocket-space industry. *Kosm. nauka tehnol.*, **20** (6), 49—59 (2014) [in Ukrainian].
2. Gal'perin V. M., Ignat'ev S. M., Morgunov V. I. *Microeconomics*, (Vols. 1-2) (Institut «Economic school», Saint-Petersburg, 2004). — Retrieved from: <http://microeconomics.economicus.ru> (Title from the screen) [in Russian].
3. Gusyynin V. P., Goldshtein Yu. M., Doroshkevich V. K., et al. Multicriterial comparative analysis of rocket and space technology. *Kosm. nauka tehnol.*, **11** (1-2), 3—9 (2005) [in Russian].
4. Druzhinin E. A., Mazorchuk M. S., Cihmistro I. N. Analysis of the effectiveness of state programs and assessment of the impact of their implementation on the development of enterprises. *Aerospace technic and technology*, Is. 1, 158—163 (2003) [in Russian].
5. Kolos L. N., Voronin A. N. Technology of Multicriteria Estimation of Hierarchical Structures for Estimating Scenarios of Development of the Ukrainian Space Industry. *Problemy upravlenija i informatiki*, No. 6, 104—113 (2009) [in Russian].
6. Noghin V. D. A simplified variant of the analytic hierarchy process based on a nonlinear scalarizing function. *Zhurn. vychislit. matem. i matematich. fiz.*, **44** (7), 1259—1268 (2004) [in Russian].
7. Saaty Th. L., Kearns K. P. *Analytical Planning. The Organization of Systems*, 224 p. (Radio i svjaz', Moscow, 1991) [in Russian].
8. Samoilenko L. I., Kolos L. N. Development of the Methodology of Estimating of the Effectiveness in the Space Activity. *Problemy upravlenija i informatiki*, No. 6, 132—144 (2015) [in Russian].
9. Samoilenko L. I., Yakovleva L. M., Ilyenko T. V., et al. Development of the Methodology of Estimation of Scenarios in Problems of Planning of Space Activity. Part 1. *Problemy upravlenija i informatiki*, No. 5, 145—156 (2005); Part 2. *Problemy upravlenija i informatiki*, No. 6, 127—131 (2005); [in Russian].
10. Fedorov O. P., Kolos L. N. Ukrainian space activity: Some approaches to the strategy development. *Kosm. nauka tehnol.*, **17** (1), 3—11 (2011) [in Russian].
11. Fedorovsky A. D., Yakimchuk V. G., Bodnar H. N., Kozlov Z. V. Efficiency evaluation of remote sensing space systems based on hierarchy analysis method. *Kosm. nauka tehnol.*, **11** (3/4), 75—80 (2005) [in Russian].
12. Chernorutskiy I. G. *Methods of decision making*, 416 p. (BHV- Petersburg, Saint Petersburg, 2005) [in Russian].
13. *Benefits Stemming from Space Exploration* [Electronic resource], September 2013, 26 p. Mode of access: WWW.URL: www.nasa.gov/sites/default/files/files/Benefits-Stemming-from-Space-Exploration-2013-TAGGED.pdf (Title from the screen).
14. Cohendet P. Evaluating the industrial indirect effects of technology programs: the case of the European Space Agency (ESA) programs [Electronic resource], 189—223 (1997). Mode of access: WWW.URL: www.oecd.org/sti/inno/1907989.pdf (Title from the screen).
15. Cohendet P. Measuring the Impact of Investments in Space: New Challenges, New Perspectives [Electronic resource], 2013. Mode of access: WWW.URL: substance-en.etsmtl.ca/measuring-the-impact-of-investments-in-space-new-challenges-new-perspectives/ (Title from the screen).
16. *Cost-Benefit Analysis for GMES: Directorate-General for Enterprise & Industry* [Electronic resource], 246 p. (London, September 2011) Mode of access: WWW.URL: www.copernicus.eu/sites/default/files/library/ec_gmes_cba_final_en.pdf (Title from the screen).
17. *Economic impact and technological progress of NASA research and development expenditures*. Volume 1: Executive report (Midwest Research Institute) [Electronic resource], 79 p. (1988) Mode of access: WWW.URL: archive.org/stream/nasa_techdoc_19940005394/19940005394_djvu.txt (Title from the screen).
18. Gurtuna O. Fundamentals of Space Business and Economics. In: *Springer Briefs in Space Development*, 85 p. (Springer, New York, 2013).
19. *NASA Receives \$19.3 Billion in Final 2016 Spending Bill* [Electronic resource]. Mode of access: WWW.URL: spacenews.com/nasa-receives-19-3-billion-in-final-2016-spending-bill/#sthash.CucgoVyd.dpuf (Title from the screen).
20. O'Neill G. K. *The High Frontier: Human Colonies in Space*, 288 p. (W. Morrow & Co, New York, 1977).
21. Sandler T., Schulze W. The economics of outer space [Electronic resource]. *J. Natural Res.*, **21** (2), 371—393 (1981). Mode of access: WWW.URL: law-school.unm.edu/nrj/volumes/21/2/09_sandler_economics.pdf (Title from the screen).
22. *The Global Exploration Roadmap* [Electronic resource], 50 p. (August 2013). Mode of access: WWW.URL: www.globalspaceexploration.org/wordpress/wp-content/uploads/2013/10/GER_2013.pdf (Title from the screen)

О. П. Федоров, Л. І. Самойленко, Л. М. Колос

Інститут космічних досліджень
Національної академії наук України
і Державного космічного агентства України, Київ

ПРО ДЕЯКІ ПІДХОДИ
ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ
ДЕРЖАВНИХ КОСМІЧНИХ ПРОГРАМ

Проаналізовано методологію оцінки ефективності космічних програм і розглянуто підходи до створення методології оцінювання соціально-економічної ефективності вітчизняної космічної діяльності. Сформульовано методологічні принципи аналізу ефективності державних космічних програм як складного слабоструктурованого об'єкту досліджень, запропоновано критеріальну базу оцінювання. Розглянуто дві групи критеріїв, що відносяться до різних стадій виконання програм (поточні і завершені). Запропоновано розрахункову схему визначення інтегральних оцінок ефективності альтернатив, оснований на модифікованому методі аналізу ієрархій.

Ключові слова: космічна програма, оцінка ефективності, критеріальна база оцінювання, модифікований метод аналізу ієрархій.

O. P. Fedorov, L. I. Samoylenko, L. M. Kolos

Space Research Institute
of the National Academy of Science of Ukraine
and the National Space Agency of Ukraine, Kyiv

ON SOME APPROACHES
TO THE ASSESSMENT OF STATE
SPACE PROGRAMS EFFECTIVENESS

The existing methodology of the space programs' effectiveness assessment is analyzed, and approaches to a methodology of socio-economic efficiency estimating of the national space activity are discussed. The methodological principles of the analysis of the effectiveness have been formulated for the state space programs, viewing them as a complicated weakly structured object of study. The criterial base of estimating is proposed. Two sets of criteria are considered relevant to the various stages of program implementation (ongoing and completed). We propose a design scheme of integrated estimates of alternatives' effectiveness based on the modified process of a hierarchy analysis.

Key words: space program, assessment of effectiveness, criterial base of estimating, hierarchy analysis.