

УДК 330

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

**Бухарицин А.П.**

*Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды,  
ГВЦ «Росгидромета», Москва, e-mail: a.bukharitsin@gmail.com*

Статья посвящена методологии и проблемам оценки эффективности технологий космического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рассматривается сущность ДЗЗ, его роль в народном хозяйстве, обосновывается актуальность оценки эффективности использования технологий ДЗЗ. Исследуется специфика оценки технической, социальной и экономической эффективности дистанционного зондирования. Особое внимание в статье уделено существующим проблемам оценки и повышения экономической эффективности ДЗЗ в России. Информация, полученная с помощью систем ДЗЗ, служит для получения всевозможных эффектов (результатов), в том числе: экономического эффекта (рост доходов и оптимизация издержек хозяйствующих субъектов и территориальных образований: городов, регионов, стран); социального эффекта (создание рабочих мест, мониторинг природной среды, метеорологические исследования, прогнозирование и минимизация негативных последствий стихийных бедствий и катастроф); технического эффекта (оптимизация технологий получения и обработки информации). Эффективность технологий дистанционного зондирования проявляется в процессе формирования добавленной стоимости, создания новых рабочих мест, обслуживания потребителей данных ДЗЗ и т.д. Существуют прямые эффекты, которые возникают непосредственно в результате решения задач хозяйствующих субъектов, связанных с использованием данных ДЗЗ, и косвенные, возникающие в связи с влиянием этих задач на смежные сферы деятельности.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, оценка эффективности, техническая эффективность, социальная эффективность, экономическая эффективность

## PROBLEMS OF EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF TECHNOLOGIES FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH FROM SPACE

**Bukharitsin A.P.**

*Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring,  
MCC of «Roshydromet», Moscow, e-mail: a.bukharitsin@gmail.com*

The article is devoted to the methodology and problems of evaluating the effectiveness of remote sensing technologies. The essence of remote sensing, its role in the national economy is considered, the relevance of assessing the effectiveness of the use of remote sensing technologies is justified. The specifics of assessing the technical, social and economic efficiency of remote sensing are investigated. Special attention is paid to the existing problems of assessing and improving the effectiveness of remote sensing in Russia. The remote sensing information serves to obtain all kinds of effects (results), including: economic effect (income growth and cost optimization of economic entities and territorial entities: cities, regions, countries); social effect (job creation, environmental monitoring, meteorological research, forecasting and minimizing the negative consequences of natural disasters and catastrophes); technical effect (optimization of technologies for obtaining and processing information). The effectiveness of remote sensing technologies is manifested in the process of creating added value, creating new jobs, servicing remote sensing data consumers, etc. There are direct effects that arise directly as a result of solving the tasks of economic entities related to the use of remote sensing data, and indirect ones that arise in connection with the impact of these tasks on related areas of activity.

**Keywords:** remote sensing of the Earth, efficiency assessment, technical efficiency, social efficiency, economic efficiency

В последние десятилетия одним из наиболее эффективных инструментов получения объективной информации о состоянии земной поверхности является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) с помощью атмосферных и космических летательных аппаратов. ДЗЗ позволяет изучать природные и искусственные объекты как на суше, так и на поверхности водоемов, а также заниматься исследованиями атмосферных явлений. Успешность и эффективность использования технологий дистанционного зондирования подтверждена результатами трудов множества ученых. Технологии ДЗЗ активно развиваются, с их помощью решается широкий спектр фундаментальных

и прикладных задач. В частности, Всемирная метеорологическая организация приводит данные, согласно которым 82% от всех данных, используемых для прогнозирования погоды, получены с помощью космических аппаратов.

В последние годы перед потребителями и поставщиками информации ДЗЗ остро стоит проблема оценки эффективности используемых технологий. Эффективность – это способность объекта давать полезные эффекты при его использовании по прямому назначению. Оценка эффективности является важным этапом подготовки к внедрению и эксплуатации различных технологий. Она позволяет обосновать целесообраз-

ность инвестиций, спланировать затраты и результаты, выбрать оптимальные параметры использования технических систем.

Цель настоящей статьи – сформировать представление о методологии и проблемах оценки эффективности технологий дистанционного зондирования Земли из космоса.

### **Материалы и методы исследования**

Стратегия исследования состоит в том, чтобы собрать, проанализировать и интерпретировать информацию из различных источников по вопросам технической, экономической и социальной эффективности технологий ДЗЗ.

Методологическую основу исследования составляет системный подход. В работе применялись общенаучные методы: анализ и синтез, индукция и дедукция, восхождение от абстрактного к конкретному.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Дистанционным зондированием принято называть получение данных об объектах без установления с ними физического контакта. Однако данное определение необходимо конкретизировать. Прежде всего, подразумевается, что при использовании технологий ДЗЗ информация собирается при помощи технических средств. Кроме того, объекты находятся на значительном расстоянии от технических средств. В этом заключается основное отличие ДЗЗ от других методов бесконтактных исследований, таких как медицинская диагностика, неразрушающий контроль различных материальных объектов и т.д. Следует отметить также, что при дистанционном зондировании Земли активно используется инструментальный косвенных измерений [1].

Помимо исследований объектов на поверхности суши и водоемов, а также атмосферных исследований, в последнее время интенсивно развиваются подповерхностные исследования с использованием технологий ДЗЗ. Применение технологий дистанционного изучения характеристик тропосферы позволяет повысить безопасность авиационного сообщения.

Основным преимуществом ДЗЗ является высокая скорость получения информации о значительных площадях земной поверхности или объемах атмосферы. Кроме того, дистанционное зондирование позволяет исследовать объекты, изучение которых другими методами невозможно или крайне затруднительно. Дистанционное зондирование Земли может использоваться совместно с другими технологиями. Например, для оценки состояния верхних слоев

атмосферы параллельно с традиционными методами, основанными на использовании шаров-зондов, применяются сложные методики дистанционного зондирования.

В число объектов, мониторинг которых осуществляется с помощью ДЗЗ, входят:

- атмосферные явления (облачность, осадки, потоки воздушных масс, излучения, аэрозоли, атмосферное электричество);
- водоемы (морские течения, ледовая обстановка, уровень воды);
- поверхность суши (рельеф, растительность, искусственные объекты).

Данные, получаемые при помощи технологий ДЗЗ, используются в различных отраслях народного хозяйства. Объемы рынка данных ДЗЗ стабильно растут [2].

Технологии ДЗЗ требуют высоких затрат, особенно это относится к зондированию с помощью космических аппаратов. Тем не менее данные технологии позволяют получать значительный экономический эффект. Также важно, что дистанционный мониторинг Земли дает возможность сохранять человеческие жизни за счет своевременного прогнозирования опасных природных явлений, стихийных бедствий и техногенных катастроф. Таким образом, вложение значительных финансовых, материальных и человеческих ресурсов в развитие отрасли ДЗЗ является оправданным.

Системы ДЗЗ используются для сбора и обработки информации, имеющей заранее определенные пространственные, временные и спектральные параметры. Эта информация служит для получения всевозможных эффектов (результатов), в том числе:

- экономического эффекта (рост доходов и оптимизация издержек хозяйствующих субъектов и территориальных образований: городов, регионов, стран);
- социального эффекта (создание рабочих мест, мониторинг природной среды, метеорологические исследования, прогнозирование и минимизация негативных последствий стихийных бедствий и катастроф);
- технического эффекта (оптимизация технологий получения и обработки информации).

Существуют прямые эффекты технологий ДЗЗ, которые возникают непосредственно в результате решения проектных задач, и косвенные, возникающие в связи с влиянием этих технологий на смежные сферы деятельности. Также эффекты можно классифицировать на внутриотраслевые и внешние. При этом вторые могут быть гораздо более значимыми, чем первые. На основе анализа возникающих эффектов выделяются критерии эффективности и задаются соответствующие шкалы оценок.

Технические критерии эффективности позволяют оценить технико-технологические характеристики ДЗЗ, сформировать представление о качестве, релевантности и объеме получаемых и обрабатываемых данных.

Социальные критерии позволяют охарактеризовать влияние используемых технологий на уровень жизни населения, его занятость и доходы, на уровень социально-го обеспечения и безопасности.

С помощью экономических критериев оценивается влияние технологий ДЗЗ на снижение затрат и уровень доходов в народном хозяйстве, а также на итоговые финансовые результаты хозяйствующих субъектов с учетом фактора времени и возможностей альтернативного вложения денежных средств.

На практике достаточно сложно разграничить факторы, определяющие экономическую, техническую и социальную эффективность использования технологий ДЗЗ в связи с тем, что данные факторы тесно связаны между собой. Выделяют потенциальную и реальную эффективность, которые определяются, исходя из поставленных задач, наличия необходимых данных и используемых методик оценки.

К наиболее важным критериям технической эффективности технологий дистанционного зондирования Земли из космоса относятся производительность съемки и периодичность наблюдений.

Производительность съемки характеризует информативность снимков и объем данных, получаемых с помощью космических аппаратов. Спутники, оснащенные современным оптико-электронным оборудованием, могут осуществлять следующие виды съемки:

- зондирование объектов на поверхности суши или водоемов;
- съемка определенных площадей земной поверхности;
- стереоскопическая съемка маршрутов.

В качестве критериев производительности спутниковой ДЗЗ-съемки используется количество отснятых объектов наблюдения и площадь отснятой земной поверхности за период активной эксплуатации спутника [3]. При использовании космического аппарата необходимо оптимально подбирать параметры съемочной аппаратуры для максимизации производительности за один оборот спутника вокруг Земли.

При эксплуатации спутника ДЗЗ на производительность съемки оказывают влияние надежность космического аппарата и атмосферные условия (облачность). На-

дежность спутника определяется надежностью бортовых систем и их отдельных компонентов в различных режимах функционирования с учетом эффективности систем резервирования [4]. В случае проблем в работе бортовых систем процесс съемки осложняется или прекращается, в результате чего снижается производительность.

Значимым критерием технической эффективности космических технологий дистанционного зондирования является периодичность наблюдения. Этот критерий определяется как период времени между двумя смежными (соседними) съемками одного объекта наблюдения. Периодичность является стохастической величиной, в связи с чем она оценивается с использованием законов распределения. Для оценки периодичности наблюдения применяются следующие количественные показатели: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, доверительные интервалы и т.д. Периодичность наблюдения также может оцениваться с использованием вероятностных критериев. В частности, может определяться вероятность снижения периодичности за пределы определенного уровня.

На периодичность космической съемки со спутников дистанционного зондирования Земли влияет множество факторов, среди которых следует выделить:

- характеристики орбиты и параметры съемочного оборудования (предельные углы отклонения оптической оси от надира, ширина полосы обзора);
- географическая широта, на которой находится объект наблюдения, расположение объекта в световом пятне или за его пределами;
- характер использования различных видов съемки для целей ДЗЗ, параметры маршрутов съемки, циклограммы работы бортового и наземного оборудования

В число критериев оценки социальной эффективности технологий дистанционного зондирования Земли входят:

- увеличение численности рабочих мест в народном хозяйстве, которое, в свою очередь, определяет рост добавленной стоимости;
- рост занятости в космической отрасли и смежных отраслях;
- повышение уровня квалификации специалистов (оценивается как количество специалистов, прошедших дополнительное обучение и подтвердивших повышение своей квалификации через различные оценочные процедуры) [5];
- вклад в развитие малого и среднего предпринимательства (МСП) определя-

ется как количество субъектов МСП, обеспечивающих использование технологий дистанционного зондирования Земли, а также как количество отраслей, привлекаемых для малого бизнеса и связанных с ДЗЗ.

– информационное обеспечение общественных организаций, занимающихся популяризацией науки (количество проведенных лекций и семинаров, количество распространенных информационных материалов и т.д.);

– повышение качества жизни и укрепление здоровья населения (прогнозирование погоды и стихийных бедствий, мониторинг окружающей среды);

– вклад в развитие системы образования (численность выпускников специальных учебных заведений, численность молодых ученых и т.д.).

Одним из наиболее важных вопросов при внедрении технологий ДЗЗ в бизнесе является оценка экономической эффективности, которую компании стремятся выразить количественными показателями. Однако, учитывая, что эффективность бизнеса зависит от множества факторов, дать ее количественную оценку достаточно сложно.

Для оценки экономической эффективности технологий дистанционного зондирования можно использовать одну из множества существующих в настоящее время методик оценки эффективности информационных технологий, после соответствующей адаптации. Выделим следующие типы методик [6]:

1) затратные методики оценки, основывающиеся на методе определения совокупной стоимости владения (ССВ, TCO – Total Cost of Ownership), а также производные от этого метода, такие как истинная стоимость владения (RCO – Real Cost of Ownership), совокупная стоимость владения приложениями (TCA – Total Cost of Application);

2) классические методики оценки инвестиционных проектов, в рамках которых определяются такие показатели, как чистый дисконтированный доход (NPV – Net Present Value), внутренняя норма доходности (IRR – Internal Rate of Return), срок окупаемости (Payback), экономически добавленная стоимость (EVA – Economic Value Added);

3) комплексные методики оценки набора финансовых и нефинансовых ключевых показателей эффективности (KPI – Key Performance Indicators), например, сбалансированная система показателей (BSC – Balanced Scorecard) и ее производные

(модель «Stakeholder», пирамида результативности Линча и Кросса).

В качестве примера приведем расчет экономической эффективности проекта по разработке и внедрению программного комплекса (ПК) обработки данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга ледовой обстановки на морях IceView. Инициатором проекта является компания «Сателлит Софт».

В ходе анализа определялись следующие величины:

– капитальные затраты на осуществление проекта;

– текущие затраты;

– доходы от реализации продуктов ДЗЗ.

Финансирование капитальных вложений осуществляется за счет собственных средств. Инвестиции осуществлены в январе – марте 2021 г.

Расчет текущих затрат осуществляется в рамках применения методики совокупной стоимости владения. Эта методика позволяет учитывать как прямые, так и косвенные затраты на проект. Для определения статей затрат использовались мнения экспертов (сотрудников отдела разработки ПО), а также опыт других компаний по реализации подобных проектов.

Прогнозные данные по движению денежных потоков (платежей и поступлений) от реализации проекта представлены в табл. 1.

По данным табл. 1 видно, что проект выходит на безубыточность уже в 2022 г. Суммарный чистый денежный поток за пять лет составит 1273805 тыс. руб.

Поскольку элементы денежного потока (CF) и исходная инвестиция ( $I_0$ ) относятся к разным моментам времени, прямое их сопоставление не отражает реальной картины эффективности инвестиционного проекта. Для решения данной проблемы нужно воспользоваться методом дисконтирования, т.е. свести все элементы обобщенного потока, включая инвестицию, к одному моменту времени. Наиболее простой вариант – дисконтировать поток CF к моменту совершения инвестиции, т.е. рассчитать его приведенную стоимость и сравнить полученную величину с инвестицией  $I_0$ . Для оценки эффективности инвестиционного проекта компании «Сателлит Софт» будем применять наиболее часто используемые показатели: NPV, IRR, PI и срок окупаемости проекта.

Первый показатель – NPV (Net Present Value, чистая текущая стоимость). Он показывает абсолютную величину превышения дисконтированных денежных поступлений над дисконтированными денежными оттоками в результате реализации проекта.

Данный показатель выводится по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k} - I_0, \quad (1)$$

где  $I_0$  – сумма инвестиций;

$CF_k$  – денежные поступления в периоде  $k$ ;  
 $n$  – продолжительность проекта;  $r$  – ставка дисконтирования.

Одной из крайне актуальных задач, которую необходимо решить в процессе выполнения работ по обоснованию и оценке инвестиционного проекта, является задача определения ставки дисконтирования для выполнения соответствующих финансово-экономических расчетов.

По мнению автора работы, из имеющихся вариантов альтернативного вложе-

ния денег наиболее надежным вариантом инвестирования капитала в настоящее время и на перспективу являются валютные облигации Внешэкономбанка. Поскольку эти ценные бумаги носят долгосрочный характер, имеют статус государственных ценных бумаг (высшая категория надежности) и номинированы в долларах США. Доходность по данному инструменту – 12,7%, что может служить индикатором минимального гарантированного уровня доходности инвестирования в российских условиях (т.е. с учетом странового риска) и поэтому может использоваться в качестве значения ставки дисконтирования.

Итак, ставку дисконтирования примем равной 12,7%.

Рассчитаем чистую приведенную стоимость (NPV) – табл. 2.

Таблица 1

Денежные потоки проекта, тыс. руб.

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Объем продаж</b>	<b>0</b>	<b>314520</b>	<b>377424</b>	<b>452909</b>	<b>543491</b>
<b>Капитальные вложения</b>					
Сервера	346	0	0	0	0
Рабочие станции	460	0	0	0	0
Программное обеспечение	231	0	0	0	0
Сетевое оборудование	17	0	0	0	0
Офисная техника	23	0	0	0	0
Офисная мебель	198	0	0	0	0
Наземный комплекс приема и обработки данных ДЗЗ	3419	0	0	0	0
<b>ИТОГО</b>	<b>4694</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Текущие издержки</b>					
Аренда офисного помещения	384	384	384	384	384
Оплата услуг связи	130	130	130	130	130
Канцелярские расходы	57	57	57	57	57
Расходы на оплату труда	7560	20520	20520	20520	20520
Оплата услуг провайдера данных ДЗЗ	73	257	257	257	257
Расходы на ремонт и техобслуживание оборудования	68	68	68	68	68
Прочие расходы	16	16	16	16	16
<b>ИТОГО</b>	<b>8288</b>	<b>21432</b>	<b>21432</b>	<b>21432</b>	<b>21432</b>
Денежный поток от операционной деятельности	-8288	293088	355992	431477	522059
Налог на прибыль	0	58618	71198	86295	104412
<b>Чистый денежный поток</b>	<b>-8288</b>	<b>234470</b>	<b>284794</b>	<b>345182</b>	<b>417647</b>
<b>Чистый денежный поток, нарастающим итогом</b>	<b>-8288</b>	<b>226182</b>	<b>510976</b>	<b>856158</b>	<b>1273805</b>

Источник: составлено автором.

Таблица 2

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)

Год	k	Чистый денежный поток (CF <sub>k</sub> ), тыс. руб.	Чистый дисконтированный денежный поток CF <sub>k</sub> /(1+r) <sup>k</sup> , нарастающим итогом, тыс. руб.	Инвестиции (I <sub>0</sub> ), нарастающим итогом, тыс. руб.	Чистая приведенная стоимость (NPV), тыс. руб.
2021	1	-8288	-7354	4694	-12048
2022	2	226182	178078	4694	173384
2023	3	510976	356968	4694	352274
2024	4	856158	530711	4694	526017
2025	5	1273805	700621	4694	695927

Источник: составлено автором.

NPV показывает, способен ли проект генерировать достаточно средств, чтобы покрыть все связанные с ним расходы, и если да, то насколько. Так как  $NPV = 695927$  (тыс. руб.)  $> 0$ , то проект является выгодным.

Второй показатель – IRR (Internal Rate of Return – внутренняя норма доходности) показывает уровень затрат, при котором совокупные оттоки равны доходам. Иными словами, IRR – это максимально возможный уровень затрат при реализации проекта. Формула для вычисления IRR выглядит следующим образом:

$$\sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} = I_0. \quad (2)$$

Значение внутренней нормы доходности совпадает со значением ставки дисконтирования, при котором чистая текущая стоимость доходов (NPV) обращается в ноль. Для определения IRR составим расчетную таблицу в MS Excel. Ее фрагмент приведен ниже (табл. 3).

Расчетная таблица показывает нам, что NPV обращается в ноль при ставке дисконтирования  $636\% < r < 637\%$ .

Следовательно,  $IRR \sim 636\%$ .

Большое значение внутренней нормы доходности говорит о значительном запасе прочности проекта.

Третий показатель – PI (Profit on Investment, индекс доходности инвестиций) – показывает процент отдачи на единицу вложенных средств. PI считается по формуле

$$PI = \left( \sum_{k=1}^n \frac{CF_k}{(1+IRR)^k} \right) : I_0. \quad (3)$$

В отличие от NPV индекс рентабельности инвестиций является относительным показателем: он характеризует уровень доходов на единицу затрат, т.е. эффективность вложений.

Рассчитаем PI:

$$PI = NPV : I_0;$$

$$PI = 695927 / 4694 = 148,2.$$

Таким образом, чистая текущая стоимость превышает инвестиции в 148 раз.

Далее определим срок окупаемости проекта.

Срок окупаемости показывает, за какой период времени совокупный доход от реализации проекта будет равен величине исходных инвестиций.

В случае неравномерного поступления чистой прибыли срок окупаемости рассчитывается по формуле

$$T = n + \frac{\Delta D_{n+1}}{D_{n+1}}, \quad (4)$$

где n – последовательное число периодов (лет), в течение которых инвестиционный взнос остается непокрытым;

n + 1 – период, в котором инвестиционные затраты покрываются;

$\Delta D_{n+1}$  – часть суммы чистой прибыли периода n + 1, необходимая для покрытия инвестиционных затрат;

$D_{n+1}$  – общая сумма чистой прибыли периода.

В нашем проекте (табл. 1):

$$n = 1;$$

$$n + 1 = 2;$$

$$\Delta D_{n+1} = 234470 - 8288 - 4694 = 221488;$$

$$D_{n+1} = 234470.$$

Определим срок окупаемости проекта.

$$T = 1 + (221488 / 234470) = 1,94 \text{ (года)}.$$

Итак, приведенные выше расчеты показывают, что рассматриваемый проект является выгодным.

Оценка затрат на использование технологий ДЗЗ, как правило, не вызывает значительных сложностей. Проблемы часто возникают при идентификации и оценке выгод и эффектов, получаемых хозяйствующим субъектом или территориальным образованием от применения данных дистанционного зондирования и сопутствующих сервисов.

Таблица 3

Определение внутренней нормы доходности

r	Cfk/(1+r) <sup>k</sup>					ΣCfk/(1+r) <sup>k</sup>	ΣCfk/(1+r) <sup>k</sup> -I <sub>0</sub>
	2021	2022	2023	2024	2025		
k	1	2	3	4	5		
633%	-1132	4221	1303	298	61	<b>4751</b>	57
634%	-1131	4210	1297	297	60	<b>4733</b>	39
635%	-1129	4198	1292	295	60	<b>4716</b>	22
636%	-1128	4187	1287	293	59	<b>4699</b>	5
637%	-1126	4175	1282	292	59	<b>4682</b>	-12
638%	-1125	4164	1276	290	59	<b>4665</b>	-29
639%	-1123	4153	1271	289	58	<b>4648</b>	-46
640%	-1122	4142	1266	287	58	<b>4631</b>	-63

Источник: составлено автором.

Данная проблема сводится к тому, что технологии ДЗЗ не оказывают непосредственного влияния на финансовые результаты хозяйствующих субъектов, а играют скорее посредническую роль. Информация и сервисы, получаемые от систем дистанционного зондирования, повышают эффективность управления ресурсами предприятий, влияют на качество информационных услуг, оказываемых сторонним потребителям. Эффекты от применения ДЗЗ часто проявляются в гармонизации бизнес-процессов предприятия. Таким образом, рассматриваемые технологии представляют собой дополнительный инструментарий, который получает в свое распоряжение менеджмент хозяйствующих субъектов. Руководителям предоставляется возможность принимать более взвешенные управленческие решения на базе более полных и достоверных данных. При этом итоговые финансовые показатели эффективности деятельности хозяйствующего субъекта зависят от того, насколько результативно руководство и персонал предприятия могут интегрировать технологии ДЗЗ в общий технологический контур управления.

Связь между использованием технологий дистанционного зондирования и эффективностью деятельности организации может быть неявной, нейтральной и даже отрицательной. Этот парадокс широко известен в сфере информационных технологий и имеет название «парадокс продуктивности». Он связан со следующими причинами [7]:

1. Ошибки при измерении производительности: традиционные методики применимы лишь с оговорками для определения размера добавленной стоимости, генерируемой с помощью технологий ДЗЗ. В процессе оценки аналитики сталкиваются с множеством методических проблем. В частности, эффекты от использования технологий ДЗЗ, связанные с повышением качества обслуживания клиентов, часто могут быть определены только в нефинансовой форме. В связи с этим полезность от использования спутниковой информации далеко не всегда в полном объеме отражается в статистических данных по эффективности деятельности предприятия.

2. Наличие временного лага между капиталовложениями во внедрение ДЗЗ-технологий и моментом, когда эти технологии начинают оказывать влияние на деятельность хозяйствующего субъекта. Величина лага зависит от уровня сложности внедряемых технологий и, соответственно, от продолжительности обучения персонала работе с ними.

3. Перераспределение финансовых результатов. Эффективность деятельности компаний, активно использующих технологии ДЗЗ, повышается помимо всего прочего вследствие того, что они увеличивают свою рыночную долю за счет компаний-конкурентов. При этом общий финансовый результат игроков рынка можно условно принять за постоянную величину. Таким образом, использование технологий дистанционного зондирования можно считать одним из основных конкурентных преимуществ компаний, работающих на рынках, связанных с применением спутниковой информации.

4. Ошибки в управлении. Во многих случаях капиталовложения во внедрение технологий ДЗЗ осуществляются без проведения тщательного предварительного анализа ситуации и без оценки перспектив использования этих технологий в компании. Часто неэффективность использования данных и сервисов дистанционного зондирования связана с иррациональностью мотивов руководителей.

По результатам анализа практики применения технологий дистанционного зондирования Земли в различных отраслях российского народного хозяйства можно выделить ряд специфических положительных эффектов использования этих технологий.

Одним из таких эффектов является возможность съемки опасных и труднодоступных участков земной поверхности, а также участков с плотной застройкой. При этом затраты на съемку являются относительно небольшими. В отличие от технологий наземных исследований, не требуется согласование с местными и региональными властями, организация экспедиций, привлечение большого числа соответствующих специалистов.

Кроме того, на стоимость использования технологий ДЗЗ положительно влияет возможность варьирования охвата снимка от нескольких квадратных километров до десятков тысяч квадратных километров, в зависимости от поставленных задач [8]. Это позволяет снизить затраты на исследования в расчете на единицу площади в разы и даже в десятки раз по сравнению с наземными исследованиями.

Так, для решения ряда метеорологических задач, которые требуют проводить мониторинг больших площадей, гораздо выгоднее приобрести космические снимки. Цена таких снимков варьируется от 300 до 2500 долларов, в то время как наземный мониторинг аналогичной территории обойдется примерно в 5000 долларов. Также следует учесть, что выполнение таких работ с использованием данных

космического мониторинга является более оперативным.

Для хозяйствующего субъекта важно дать корректную финансовую оценку эффекта, получаемого от использования технологий ДЗЗ. От прозрачности и понятности методики такой оценки зависит успешность внедрения и эксплуатации данных технологий. К числу наиболее релевантных методик в данном случае можно отнести методику системы сбалансированных показателей (ССП) и методику функционально-стоимостного анализа (ФСА). Методика ФСА является весьма наглядной и позволяет сформировать логичный набор показателей. При использовании СПП предприятие получает большую гибкость за счет возможности охватить множество неэкономических критериев, по которым сложно провести количественную оценку. Однако для внедрения этой методики необходимы значительные финансовые затраты, а также затраты рабочего времени на интеграцию методики с системой управленческого учета предприятия.

В процессе оценки экономической эффективности аналитики сталкиваются еще с одной важной проблемой – проблемой получения максимально полной и достоверной информации для оценки. Для ее решения, а также для построения логичных оценочных цепочек рекомендуется строить деревья «цели – факторы». Для их построения следует привлекать квалифицированных специалистов организации на различных управленческих уровнях. При этом данные специалисты должны иметь высокий уровень экспертизы в области управления ресурсами предприятия и всю необходимую информацию по имеющимся у предприятия резервам.

Полученные данные по эффектам от внедрения технологий ДЗЗ необходимо соотносить с издержками на внедрение. Использование данных и сервисов дистанционного зондирования будет являться целесообразным, если выгоды значительно превышают затраты.

Отрицательно на экономическую эффективность ДЗЗ влияет высокая стоимость космических запусков (более 100 млн долл. для одного спутника), которую в последние десятилетия не удалось значительно снизить, несмотря на снижение стоимости элементной базы и повышение конкуренции в отрасли.

Высокий вклад в себестоимость получения информации с помощью ДЗЗ делает необходимость создания и материально-технического обеспечения большого количества наземных станций приема дан-

ных. Кроме того, для обработки, хранения и передачи спутниковой информации заказчикам используется обширная инфраструктура. В этих процессах, а также в процессе поддержки функционирования космических аппаратов задействован большой штат специалистов.

Информация, полученная со спутников, преобразуется в стандартные форматы, привязывается к пространству и времени, осуществляется геометрическая коррекция изображений. Затем, исходя из решаемых задач и требований заказчиков, проводится дешифровка информации и ее визуализация с использованием различных технических инструментов (геоинформационных систем). Рыночная цена таких систем достигает 4 млн руб.

Численность российской орбитальной группировки ДЗЗ в настоящее время невелика, в связи с чем информация ДЗЗ на отечественном рынке в основном иностранного происхождения, что негативно влияет на ее стоимость. В таких условиях российские заказчики, как правило, тщательно взвешивают целесообразность покупки данных у зарубежных поставщиков с учетом слабого развития инфраструктуры обработки и использования этих данных.

Российская инфраструктура для работы с информацией ДЗЗ представлена разрозненными ведомственными программно-аппаратными системами, большинство из которых морально и физически устарели и не способны обрабатывать значительные объемы данных с современных спутников [9]. По оценкам экспертов, в сложившихся условиях, ввиду имеющихся ограничений по получению и качественной обработке спутниковой информации, осложнено решение комплексных задач, особенно когда реализуемые проекты одновременно охватывают несколько регионов.

Именно на примере мультирегиональных проектов хорошо видно, что существующий в нашей стране инструментарий обработки данных дистанционного зондирования в большинстве случаев не позволяет оперативно и качественно решать задачи заказчиков. Получаемые данные часто не имеют нужного уровня релевантности, полноты и достоверности. Качество тематической обработки данных является невысоким. Отсутствуют централизованные хранилища данных в силу того, что разные ведомства не могут договориться между собой по вопросам интеграции информации. В результате воздействия перечисленных факторов эффективность обработки и использования данных дистанционного зондирования Земли в России является от-

носителем низкой, что сдерживает спрос на такую информацию со стороны отечественных и зарубежных заказчиков. Для решения этой проблемы необходим системный подход. Следует повысить качество взаимодействия различных отраслевых структур, инвестировать средства в создание централизованных хранилищ спутниковых данных с использованием общей универсальной ДЗЗ-платформы.

### Заключение

Подводя итоги, отметим, что основные проблемы оценки эффективности технологий ДЗЗ связаны с идентификацией и оценкой выгод и эффектов, получаемых организациями-пользователями. Эти проблемы сводятся к тому, что данные технологии не оказывают прямого влияния на финансовые результаты организаций. Это влияние является опосредованным и реализуется через различные деловые процессы. К наиболее значимым положительным эффектам можно отнести улучшение качества информационного обслуживания клиентов, повышение оперативности и снижение трудоемкости решения различных народнохозяйственных задач в секторах, связанных с использованием спутниковых данных.

Связь между использованием технологий дистанционного зондирования и эффективностью деятельности организации может быть неясной, нейтральной и даже отрицательной. Этот парадокс широко известен в сфере информационных технологий и имеет название «парадокс продуктивности». Он связан со следующими причинами: ошибки при измерении производительности, наличие временного лага между капиталовложениями во внедрение технологий ДЗЗ и моментом, когда эти технологии начинают оказывать влияние на деятельность хозяйствующего субъекта, перераспределение финансовых результатов.

Выделен ряд специфических положительных эффектов использования рассматриваемых технологий в народном хозяйстве. Одним из таких эффектов является возможность съемки опасных и труднодоступных участков земной поверхности, а также участков с плотной застройкой. Кроме того, на эффективность использования технологий ДЗЗ положительно влияет возможность значительного варьирования площади охвата снимка.

Отрицательно на экономическую эффективность ДЗЗ влияет высокая стоимость космических запусков, которую в последние десятилетия не удалось значительно сни-

зить. Также эффективность снижает необходимость создания и материально-технического обеспечения большого количества наземных станций приема данных. Кроме того, для обработки, хранения и передачи спутниковой информации заказчикам используется обширная инфраструктура.

Серьезной проблемой оценки экономической эффективности является получение максимально полной и достоверной исходной информации. Для ее решения, а также для построения логичных оценочных цепочек рекомендуется строить деревья «цели – факторы».

Итак, существует множество методик оценки эффективности технологий ДЗЗ. Их использование связано с рядом специфических проблем, которые, тем не менее, на практике успешно решаются при использовании грамотных адаптивных подходов к оценке. Технологии дистанционного зондирования сами по себе не повышают эффективность деятельности организаций, а лишь снабжают менеджмент инструментарием для повышения продуктивности. Отдача от использования данных технологий непосредственно зависит от того, насколько грамотно руководство может интегрировать их в общий управленческий контур.

### Список литературы

1. Асмус В.В., Кровотынцев В.А., Милехин О.Е., Соловьев В.И., Успенский А.Б. Использование спутниковых данных ДЗЗ для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2008. Т. 105. С. 6–16.
2. Беляев Б.И., Катковский Л.В. Оптическое дистанционное зондирование. Минск: БГУ, 2006. 455 с.
3. Болсуновский М.Л., Дворкин Б.А. Развитие систем ДЗЗ и информационно-аналитического обеспечения данными космической съемки: ближайшие перспективы // Геоинформатика. 2019. № 4. С. 11–17.
4. Гайфуллин Б.Н., Обухов И.А. Автоматизированные системы управления предприятиями стандарта ERP / MRPII. М.: Богородский печатник, 2000. 102 с.
5. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Изд-во А и Б, 2018.
6. Кляшторная О. Оценка IT-проектов: что выбрать? // Директор ИС. 2015. № 6. С. 52–54.
7. Лобовиков А.О., Ивенских О.В. Экономическая эффективность дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2019. № 1. С. 590–596.
8. Стратилатова Н.Н., Куренков В.И., Кучеров А.С., Егоров А.С. Методика сравнительной оценки эффективности космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с различными оптико-электронными телескопическими комплексами // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). 2016. Т. 15. № 2. С. 80–89.