

Математические методы принятия решений задачи экономической диагностики ИТ-компаний

А. Е. Квятковская, Е. В. Чертина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Астраханский государственный технический университет»

zima00@list.ru, saprikinae_1912@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы создания математического обеспечения для задачи экономической диагностики предприятий, необходимой для оценки его стоимости. Объектом исследования выбраны ИТ-компании, в т.ч. стартапы, обладающие в период роста особыми характеристиками. На основе системного анализа предметной области разработана система количественных и качественных характеристик для идентификации экономического состояния ИТ-компаний и стартапов во внешней и внутренней среде. Определены шкалы показателей различной природы. Приведены методы, позволяющие ввести отношения порядка и эквивалентности для найденных компаний-аналогов в целях сравнения их близости к анализируемой компании. Рассмотрены метрики, используемые для сравнения компаний, с учетом количественных и качественных характеристик.

Ключевые слова: *стартап; оценка бизнеса; методы оценки; показатели стартапа; экономическое состояние; прецеденты; компания-аналог; сравнительный метод*

I. ВВЕДЕНИЕ

Одной из слабоформализуемых задач, присущих управлению в экономических системах в условиях неопределенности, является задача оценки стоимости бизнеса предприятия. В нашей стране более десяти лет результаты оценки стоимости различных объектов собственности являются основой для принятия большинства решений в частном и государственном секторах. К исследованию предлагается один из методов оценки стоимости – аналоговый метод, основанный на сравнении предприятия с наиболее подходящими предприятиями-аналогами, выборе соответствующего аналога-прототипа и проецирования его экономических свойств и тенденций развития на объект исследования. Учитывая наличие в России больше 5000 небольших ИТ-компаний, учитывая заинтересованность венчурных фондов и крупных ИТ-компаний в покупке стартапов, решение данной задачи является актуальным как развития сферы бизнеса, так и развития сферы информационных технологий в России.

В тоже время интенсификация процесса оценки стоимости путем внедрения информационных технологий

сдерживается вследствие несовершенства или отсутствия информационных моделей и механизмов, обеспечивающих этот процесс:

- отсутствие постоянно актуализируемой базы знаний о компаниях-аналогах, необходимых для сравнения;
- отсутствие механизмов сбора информации из любых открытых информационных источников для пополнения базы знаний;
- отсутствие системы критериев "подобия" компаний, содержащих неоднородную информацию;
- отсутствие обоснования метрик для вычисления «близости» компаний-аналогов.

Целью работы является разработка и обоснование математических методов принятия решений для оценки стоимости бизнеса на основе аналогового подхода. В качестве объекта исследования выбрано предприятие ИТ-сферы или стартап, имеющие в период роста особые значения экономических характеристик, не свойственные обычным предприятиям.

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАРТАПА

Определим совокупность критериев, необходимых для экономической диагностики ИТ-компаний на примере стартапа. Метод оценки стартапа зависит от его стадии: preseed; seed; series A.

На этапе Preseed оценка стартапа происходит по фиксированной ставке бизнес-ангела или акселератора, основной задачей которого является ускоренное доведение проектов ранних стадий до первого инвестора, их доработка и помощь им. Структурировать показатели на этом этапе довольно сложно, так как стартап не имеет формальных показателей, позволяющих построить финансовую модель, а лишь отвечает требованиям: достижимый объем рынка не менее 300 млн. рублей; срок достижения – 3-5 лет; команда проекта – не менее двух человек; наличие рабочего MVP (minimum viable product) – минимально жизнеспособного продукта.

Главной задачей стартапа на этапе Seed является масштабирование бизнеса (увеличение количества

клиентов, клиентских сегментов, географии и т.д.). Оценку можно рассматривать с двух сторон, определяя сколько необходимо вложений, на основании затрат команды в месяц и ожиданий инвестора через конкретный период времени. Для оценки можно использовать показатели, принятые в международной практике для анализа инвестиционных проектов, например, – NPV (Net present value) м.

Этап Series A – это стадия активного роста, увеличения компании. На этом этапе выделяют следующие показатели: Cash-flow, мультипликатор, ставка дисконтирования, ограничители масштабирования, сдерживающие рост стартапа.

Сравнивая формирование оценок на трех этапах, нужно учесть, что акселераторы отмечают, что систематизация оценки для стадии Preseed – невыполнимая задача, поскольку, здесь в большей степени значимы не столько показатели стартапа, а субъективная оценка, формируемая после личного общения с создателями. Поэтому будем рассматривать стадии Seed & Series A.

Наиболее популярными работами в данной области являются широко обсуждаемые интернет-исследования Б. Пейна [1-2] и С. Нассера [3], посвященные оценке стоимости компаний, в том числе стартапов, на разных стадиях инвестирования.

Для анализа выбранных стадий используем пять широко используемых методов оценки стартапов, обобщив в систему показатели, на которых они основаны. Методы определены после проведенных исследований в крупнейших бизнес-инкубаторах России, которые отмечают целесообразность и адаптивность выбранных методов к российским условиям. Отметим, что большинство методов основаны на данных сопоставимых компаний или базовых оценках: метод Беркуса, метод суммирования факторов риска, метод венчурного капитала, метод дисконтирования денежных потоков, метод сравнения.

Характеристики, которые генерируют вышеперечисленные методы, сгруппированы как качественные и количественные в целях последующей структуризации и шкалирования. Всего выбрано 15 количественных и 14 качественных показателей, в т.ч. включающих 9 видов риска.

ТАБЛИЦА I ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАРТАПА

Количественные характеристики		Качественные характеристики
	Ед. изм.	
Сумма затрат на привлечение новых клиентов (CAC)	Руб.	Оценка команды
Cash-Flow	Руб.	Драйверы масштабирования
Мультипликаторы	–	Ограничители масштабирования
Рыночная капитализация	Руб.	Стратегические взаимоотношения
Задолженность	Руб.	Внедрение продукта или начало продаж

Количественные характеристики		Качественные характеристики
	Ед. изм.	
Выручка	Руб.	Качество прототипа
Разумная идея (базовая стоимость)	Руб.	Управленческие риски
Уровень возврата инвестиций (ROI)	%	Риски на разных стадиях развития бизнеса
Ставка дисконтирования	%	Политические риски
Ожидаемые темпы роста	%	Маркетинговые риски
Регулярный месячный доход	Руб.	Риски, связанные с финансированием/привлечением капитала
Число сотрудников	Шт.	Судебные риски
EBITDA	Руб.	Международные риски
Валовая прибыль	Руб.	Репутационные риски
		Риски, связанные с потенциально прибыльным выходом из стартапа

Система оценок IT-компании по данному набору характеристик будет определять множество точек критериального пространства, имеющих в формальном виде критериальное представление. Чтобы одна компания послужила хорошим аналогом для оценки другой, желательно их сходство по многим характеристикам, в тоже время возможно расставить приоритеты, усиливая весовую значимость той или иной характеристики.

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДА ОТБОРА КОМПАНИИ-АНАЛОГА

Для подбора аналогов применим один из методов принятия решений – метод рассуждения по прецедентам, использующий знания о известных ситуациях или случаях (прецедентах), которые в нашем случае являются компаниями-аналогами. Определим множество (IT) IT-компаний, рассматриваемых при подборе аналогов. Информация о множестве IT представлена в виде $IT = \{it_i, i = \overline{1, n}\}$. Для определения свойств-характеристик каждой IT-компании it_i сопоставим множество характеристик $K = \{k_j, j = \overline{1, m}\}$. Тогда каждая IT-компания представима в виде: $it_i = \{f_1(k_1), f_2(k_2), \dots, f_m(k_m)\}$, где $f_j(k_j)$ – характеристическая функция, определяющая подмножество $k_j^* \subseteq K$ для i -й IT-компании.

После того, как компании-аналоги it_i извлечены, нужно выбрать «наиболее близкие» к прецеденту it^* , описывая степень близости по формуле вида:

$$R(it_i, it^*) = \frac{\sum_{j=1}^m \rho(f_j^i(k_j), f_j^*(k_j)) \cdot w_j}{\sum_{j=1}^m w_j},$$

где $p(f_j^i(k_j), f_j^*(k_j))$ – метрика, вычисляемая по m характеристикам аналога и прецедента $f_j^i(k_j)$ и $f_j^*(k_j)$, w_j – степень важности j -й характеристики.

Выбор метрики является наиболее сложной проблемой. Неоднородность характеристик, выраженная в использовании для их оценивания различных метрических шкал, не позволяет ввести на данном множестве алгебру операций. Наиболее известным является математический метод определения "ближайшего соседа" (nearest neighbour) [4], способный измерить степень близости по любой характеристике.

$$mnear(it^*) = \underset{it \in IT}{argmax} \sum_{j=1}^m [f_j^i(k_j) = f_j^*(k_j)] \cdot w_j,$$

где $[f_j^i(k_j) = f_j^*(k_j)]$ – индикатор ошибки, переводящий логическое значение в число по правилу [ложь] = 0, [истина] = 1.

Для количественных характеристик также возможно использовать евклидово расстояние или Манхэттенскую метрику, при условии, что все характеристики будут приведены к одной шкале измерений или нормированы.

Если не требуется точное совпадение характеристик (или оно не достижимо), возможно использовать метрику Журавлева:

$$mzhur(it^*) = \sum_{j=1}^m \text{if}(|f_j^i(k_j) - f_j^*(k_j)| < \varepsilon), \text{then } 1, \text{ else } 0),$$

где ε – заданный уровень отклонения j -х характеристик аналога и прецедента друг от друга.

Количество характеристик значительно влияет на погрешность результата, поскольку может возникнуть проблема проклятия размерности: согласно закону больших чисел, суммы большого числа отклонений с большой вероятностью имеют очень близкие значения. Данное обстоятельство в дальнейшем приводит к необходимости формирования множества информативных характеристик, но потребует ретроспективных наблюдений за ними для формирования выборки данных, выявления зависимости или мультиколлинеарности.

Для качественных характеристик возможно использовать меру сходства Хэмминга, определяя максимальное число совпадающих характеристик у прецедента и аналога. Если не удастся ввести метрику, используются различные меры близости

Сформировав базу данных прецедентов любым путем – ручным или автоматизированным, возможно выделить для наполняющих ее объектов отношения порядка и эквивалентности [5]. Используя геометрический подход к решению данной задачи, важность которого подчеркивал Д.А. Поспелов [6], возможно представлять аналогии и прецеденты как самостоятельные информационные объекты и в дальнейшем сравнивать их как по отдельным характеристикам, так и в целом.

При анализе аналогов с использованием отношения эквивалентности исходное множество разбивается на классы эквивалентности $[it^*] \subset IT$ элемента $it^* \in IT$ в виде подмножества элементов, эквивалентных $it^* : [it^*] = \{it \in IT / it \sim it^*\}$.

Классы аналогов могут представлять, как номинальную, так и порядковую шкалы. В первом случае они могут быть построены двумя способами: путем кластеризации и с применением экспертных оценок. Во втором случае возможно использовать разбиение исходного множества на классы Парето с последующим упорядочением данных классов.

При анализе аналогов с использованием отношения порядка прецеденты выстраиваются по рангу при отсутствии точного аналога. Выделим следующие задачи принятия решений, использующие ранжирование аналогов по близости к прецеденту:

- задача о ранжировании аналогов на основе знания о их состояниях в заданный моменты времени $t^*(it_i, k_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$;
- задача о ранжировании аналогов на основе знания о их состояниях в различные моменты времени (например, соответствующие стадиям) $it^*(t_g, k_j), g = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}$;
- задача о ранжировании аналогов по заданной характеристике $k^*(it_i, t_g), i = \overline{1, n}, g = \overline{1, s}$;
- задача о ранжировании аналогов по совокупности характеристик $k(it_i, t_g), i = \overline{1, n}, g = \overline{1, s}$.

В последнем случае учитывается равноважность характеристик, когда лицо, принимающее решение, может или не может достоверно установить приоритеты между ними. В случае равноважности характеристик формируется множество несравнимых недоминируемых альтернатив – множество Парето ИТР. В результате решения подбирается не одна, а множество компаний-аналогов, что в итоге затрудняет конечное принятие решения. В этом случае применяют математические методы, сужающие множество Парето, например, метод медианных распределений [7, 8]. Достоинством метода является сочетание качественных и количественных оценок.

Также при отсутствии информации о сравнительной важности характеристик и наличии характеристик как количественного, так и качественного типа, возможно построить различные функции выбора $C^K(IT)$ и $C^D(IT)$, сужающие множество Парето, учитывающие только взаимные соотношения между оценками аналогов без учета абсолютных величин разностей оценок по характеристикам.

Для двух аналогов $it_l, it_i \in IT, i, l = \overline{1, n}$ определим число характеристик, по которым it_l имеет большую степень близости к прецеденту it^* , чем it_i . Для аналогов, у которых

это число максимально, определим на множестве ИТ числовую функцию $q_{i,l} = q(it_i, it_l)$ принимающую значения, соответствующие найденным максимальным числам, где $q(it_i, it_l)$ – число характеристик, по которым вариант it_l превосходит вариант it_i , иначе говоря, более близок к прецеденту.

Построим функцию выбора C^K , учитывающую число доминирующих характеристик аналога, близких к прецеденту, выбирая максимальные значения строки матрицы $Q_{IT} = \{q_{i,l}\}$, а затем отделяя минимальные из них:

$$C^K(IT) = \{it_i \in IT \mid i \in \text{Arg} \min_i q_i, i = \overline{1, n}\},$$

где $q_i = \max_l q_{i,l}$.

В результате сформировано подмножество аналогов, имеющих наибольшее количество характеристик, близких к прецеденту. Полученное подмножество имеет меньшую мощность, чем множество Парето, причем $C^K(IT) \subseteq IT^P$.

Рассмотрим второй способ формирования аналогов, близких к прецеденту, с использованием матрицы Q_{IT} . Определим доминирующий показатель множества ИТ, равный $\min_{it \in IT} Q_{IT}(it)$. Значением функции выбора $C^D(IT)$ является подмножество всех вариантов $it \in IT$ с минимальным в ИТ доминирующим показателем:

$$C^D(IT) = \{it^* \in ALT \mid Q_{IT}(it^*) = \min_{it \in IT} Q_{IT}(it)\}.$$

Построим турнирную n-круговую функцию выбора C^T :

$$C^T(IT) = \{it^* \in IT \mid Q_{M_{IT}}(it^*) = \min_{it \in IT} Q_{M_{IT}}(it)\},$$

где $Q_{M_{ALT}}(it_i) = \sum_{l=1}^n q_{i,l}$.

Функция также сужает множество Парето, формируя подмножество аналогов, близких к прецеденту, причем $C^T(IT) \subseteq C^K(IT) \subseteq IT^P$.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены вопросы экономической диагностики ИТ-компаний и стартапов в задаче оценки стоимости бизнеса,

основанные на использовании метода рассуждений по прецедентам и сравнении аналогов. Отобраны характеристики и рассмотрены вопросы выбора метрик и мер близости для количественных и качественных характеристик аналогов. Приведены математические методы, упорядочивающие множество аналогов по близости к прецеденту.

Предложенная методика использована в качестве вспомогательного инструмента оценки стоимости ИТ-проектов, в бизнес инкубаторе LIFT технопарка FABRIKA города Астрахани. После чего были сделаны выводы о полноте системы показателей, описывающих процесс оценки стоимости стартапов, адекватности предложенных методов, практической значимости результатов исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Payne B. Methods for Valuation of Seed Stage Startup Companies. URL: www.angelcapitalassociation.org/blog/methods-for-valuation-of-seed-stage-startup-companies/ (дата обращения: 14.04.2018)
- [2] Payne B. Startup Valuations: The Risk Factor Summation Method. URL: <http://billpayne.com/2011/02/27/startup-valuations-the-risk-factor-summation-method-2.html> (дата обращения: 14.04.2018)
- [3] Nasser S. Valuation For Startups – 9 Methods Explained. URL: [http://medium.com/parisoma-blog/valuation-for-startups-9-methods-explained-53771c86590e/](http://medium.com/parisoma-blog/valuation-for-startups-9-methods-explained-53771c86590e) (дата обращения: 14.04.2018)
- [4] Anand, S.S., Hughes, J.G., Bell, D.A. and Hamilton, P. "Utilising Censored Neighbours in Prognostication", Workshop on Prognostic Models in Medicine, Eds. Ameen Abu-Hanna and Peter Lucas, Aalborg, (AIMDM'99), Denmark, pp15-20, 1999.
- [5] Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам. Институт Системного Программирования РАН, Препринт, 2006.
- [6] Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. М.: Радио и связь, 1989. 184 с.: ил.
- [7] Kosmacheva, I. Algorithms of Ranking and Classification of Software Systems Elements. / I. Kosmacheva, I.Y. Kvyatkovskaya, I. Sibikina, Y. Lezhnina // Knowledge-Based Software Engineering: Proceedings of 11th Joint Conference, JCKBSE 2014; Volgograd State Technical University [etc.]. – [Б/м]: Springer International Publishing, 2014. P. 400-409. (Series: Communications in Computer and Information Science; Vol. 466).
- [8] Pham Quang Hiep. Methods and Algorithms of Alternatives Ranging in Managing the Telecommunication Services Quality / Pham Quang Hiep, I.Y. Kvyatkovskaya, V.F. Shurshev, G.A. Popov // Journal of Information and Organizational Sciences, 2015. Vol. 39, No. 1, P. 65–74.