

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дифференциальных уравнений и математической экономики

**ПОСТРОЕНИЕ РЕЙТИНГА ИНВЕСТИЦИОННОЙ
ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ
МИНИМАКСНОГО ПОДХОДА**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 441 группы

Направления (специальности) 09.03.03 – Прикладная информатика в экономике
механико-математического факультета

Гурьяновой Алины Александровны

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н., доцент

И.Ю. Выгодчикова

Заведующий кафедрой
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

С.И. Дудов

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

Одним из подходов к построению рейтинга компаний является применение принципа свёртки нескольких показателей в интегральный индекс с использованием весов или баллов надёжности используемого показателя для данной компании. Другой подход состоит в формировании списков компаний по выбранным критериям и последующей свёртке в единый список с учётом ранжирования. В обоих случаях возникает проблема в выборе весовых коэффициентов и списочного приоритета показателей. Поэтому применение новых технологий рейтингового оценивания компаний, основанных на математических, численных методах и алгоритмических процедурах, важной, новой и актуальной задачей.

Актуальным является усовершенствование подхода к масштабному рейтингованию (на уровне мирового рейтинга). Однако для реализации таких проектов требуются дополнительные инвестиционные ресурсы, привлечь которые может новаторский подход к иерархической классификации компаний по их рейтингу. Именно такой инструментарий предложен в работе.

Важной особенностью разработанного метода является использование авторского математического аппарата, включающего иерархический анализ ранжированных показателей финансово-хозяйственной деятельности компаний с учётом их приоритетности и применение минимаксного подхода для получения рейтинговой оценки компаний с учётом отраслевого признака.

Объектом исследования являются российские компании, лидеры индустрии по каждой из высокотехнологичных отраслей (нефтегаз, электроэнергетика, транспорт и проч.).

Предмет исследования – применение информационных технологий и программных средств для анализа и количественной оценки российских компаний, лидирующих в высокотехнологичных отраслях.

Целью работы является описание метода построения интегрального рейтинга крупных российских компаний на основе процедуры иерархического ранжирования данных и применение в инвестиционном анализе с использованием минимаксного подхода и отраслевой коррекции долевого распределения инвестиций.

Новизна работы (в области методологии) – разработка комплексной

программно-ориентированной структуры, на основе которой выполняется оценка и реализация рейтинговой системы для российских компаний. Основной инструментарий исследования – применение иерархического подхода, математического алгоритма и интегрального рейтинга.

Гипотеза работы: рейтинговый подход позволяет оптимальным образом принять решение на всех сферах перспективной аналитики бизнес-структур, направленных на внедрение высокотехнологичных паттернов и адаптивной инструментальной базы в развитии каждого подразделения исследуемого крупного отраслевого предприятия (группы предприятий).

Решены следующие задачи:

1. Выполнена комплексная оценка рейтинга российских компаний на основе логических правил и иерархического подхода.

2. Развита и применён новаторский подход расчета интегрального рейтинга российских компаний с использованием многомерного ранжирования по приоритетам дерева иерархии и поэтапной свёртки в индекс инвестиционной привлекательности предприятий каждого звена.

3. Разработана модель инвестирования на основе минимаксной модели, полученных рейтингов и коррекции по отраслевому признаку.

4. Программная реализация метода, аналитическая обработка и оценка результата.

Краткое содержание работы

В первой части работы рассматриваются подходы к формированию интегрального рейтинга, используя важные показатели финансово-хозяйственной деятельности компании. Инструментарий рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности крупнейших российских компаний находится на начальном этапе проработки, хотя актуальность подобных исследований в мировой практике достигла высочайшего уровня благодаря ведущим рейтинговым агентствам, имеющим собственную методологию и обоснованную методику рейтингования компаний.

При анализе конкурентных преимуществ этих компаний целесообразно строить интегральные рейтинги, в которых будут учитываться наиболее важные показатели развития компаний. В настоящее время в мире

достоверность рейтинга только нескольких рейтинговых агентств подтверждается многолетней практикой, поскольку в основу положен надёжный математический аппарат. Больше всего котируются международные агентства «большой тройки»: Standard & Poors, Moody's и Fitch Ratings. В России аккредитацию ЦБ РФ получили агентства: АО «Аналитическое кредитное рейтинговое агентство» (АКРА) и «Эксперт РА». Для принятия решения об инвестировании средств не достаточно использовать какой-либо один показатель деятельности компаний, насколько бы важным он не был. Применение интегрального рейтинга нуждается в веском обосновании, оптимальным решением является построение математической модели и разработка алгоритмической процедуры ранжирования данных. Такой подход позволит опередить конкурентов в плане освоения новых технологических решений.

Как правило, рейтинг строится на основании принципа свёртки нескольких показателей в единый индекс с использованием весов или баллов надёжности используемого показателя для данной компании. Однако при свёртке списков по различным показателям возникает вопрос о выборе приоритета показателей или расстановке весов.

Следуя логике, несложно объясняется наличие буквенного индексирования по нескольким позициям (AAA, BBB и проч.) и наличие знаков надёжности «+», «-». При этом существует сложность в верном выборе весовых коэффициентов или системы составления списков надёжности компаний. Другой подход состоит в выборе приоритетов показателей и иерархической процедуре составления интегрального рейтинга. Такой подход применяется в данном исследовании.

Составление интегрального рейтинга конкурентоспособности бизнеса связано с определением набора показателей рейтинговой системы, их оцениванием и нормированием, взвешиванием показателей и агрегированием их в индекс. При ранжировании российских компаний, например, для построения рейтинга «600 крупнейших компаний России» рейтингового агентства «Эксперт РА», основное внимание уделяется показателю объема реализации. В зависимости от профиля деятельности конкретной компании данный показатель имеет специфичное содержание: для промышленных

компаний объем реализации равен объему выручки от продажи продукции за вычетом НДС, акцизов и других обязательных платежей; для банков – это сумма процентных и комиссионных доходов (до вычета расходов).

Для объективной выработки пороговых значений, баллов, коэффициентов, необходимо пересматривать данные параметры ежегодно, что приводит к ограниченности возможностей использования результатов рейтинговых измерений. Показатели ранжируются по приоритету, выполняется их количественный анализ и сопоставление со средними значениями с учётом прежних рекомендаций, затем из ранжированных величин вычисляются средние значения. В итоге выдаётся ранжированный список компаний с учётом всех показателей анализа.

Во второй части работы применены математические методы оценки рейтинговых группировок по иерархии. Процедура интегрального ранжирования компаний должна включать два основных этапа: оценка финансового состояния компании и вычисление интегрального рейтинга. На первом этапе необходимо выполнить анализ важнейших финансовых коэффициентов и сопоставление с нормативами (обязательно учитывать коэффициенты, характеризующие рассматриваемую компанию по критериям: ликвидность, финансовая устойчивость, рентабельность, деловая активность).

Для лидеров ведущих отраслей экономики России нормативы важных финансовых показателей соблюдаются, как правило.

Приняты следующие допущения модели информационных потоков данных, участвующих в построении ИИР. В исследовании используются следующие важные показатели конкурентоспособности крупнейших (по объёму реализации продукции) компаний России: объем реализации продукции (А), рост объема реализации продукции по отношению к предыдущему году (В), чистая прибыль (С).

Предварительный анализ показателей позволяет выявить взаимосвязь между ними и возможность использования для построения интегрального рейтинга по иерархической процедуре, для модели принимаются следующие допущения:

1. Все рассматриваемые показатели должны быть позитивными и увеличивать конкурентоспособность компании, показатели должны быть

приведены в сопоставимых единицах измерения.

2. Принимается следующий приоритет показателей: С, А, В. Если компания имеет высокий объем реализации, значительно превосходящий такой же показатель по другим компаниям, то ей достаточно сохранять стабильность данного показателя, его рост не так важен. Показатель А более значим, чем показатель В, при выработке групп ранжирования. Прибыль считается наиболее приоритетным показателем на каждом этапе иерархического анализа.

3. Парные коэффициенты корреляции между любыми двумя показателями должны находиться в промежутке $[-0.1;1]$. В данном случае не столь важна значимость корреляционных связей, сколько отсутствие противоречий между ними в рассматриваемой группе компаний. В то же время, полная положительная корреляция приводит к отсутствию влияния одного из показателей (свёртка модели). Показатель С (чистая прибыль) – это тот показатель, влияние которого на формирование рейтинга неоспоримо.

В третьей части работы изложен метод построения интегрального рейтинга, показывающего уровень сохранения конкурентоспособности по объёму реализации и прибыли (иерархии для трёх показателей). Для построения интегрального рейтинга используются показатели: объем реализации продукции (А), рост объема реализации продукции по отношению к предыдущему году (В), чистая прибыль (С).

Пусть ранги показателей А, В, С для i -й компании обозначаются a_i , b_i , c_i , соответственно. Средние значения по показателям a_i , b_i , c_i , $i=1, \dots, N$, вычисляются по формуле:

$$\bar{c} = \bar{a} = \bar{b} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i. \quad (1)$$

Метод построения интегрального рейтинга ИИР компаний содержит два этапа. На первом этапе анализа компании выстраиваются в группы по приоритетности показателей С, А и В, где первая — наиболее приоритетная, а А и В следуют в порядке убывания значимости. Компании, попавшие в первую группу, будут иметь конкурентные преимущества по отношению к компаниям из других групп. Количество групп обозначим через m , их существует не больше чем 8 и не менее чем 2. Первоначально для алгоритма положим $m = 8$. Далее используем следующую пошаговую процедуру.

Шаг 1. Множество рассматриваемых компаний разбивается на 8 групп по

следующему принципу, в соответствии с рисунком 1:

- 1 группа – все компании i , для которых $a_i < \bar{a}$, $b_i < \bar{b}$, $c_i < \bar{c}$,
- 2 группа – все компании i , для которых $a_i < \bar{a}$, $b_i \geq \bar{b}$, $c_i < \bar{c}$,
- 3 группа – все компании i , для которых $a_i \geq \bar{a}$, $b_i < \bar{b}$, $c_i < \bar{c}$,
- 4 группа – все компании i , для которых $a_i \geq \bar{a}$, $b_i \geq \bar{b}$, $c_i < \bar{c}$,
- 5 группа – все компании i , для которых $a_i < \bar{a}$, $b_i < \bar{b}$, $c_i \geq \bar{c}$,
- 6 группа – все компании i , для которых $a_i < \bar{a}$, $b_i \geq \bar{b}$, $c_i \geq \bar{c}$,
- 7 группа – все компании i , для которых $a_i \geq \bar{a}$, $b_i < \bar{b}$, $c_i \geq \bar{c}$,
- 8 группа – все компании i , для которых $a_i \geq \bar{a}$, $b_i \geq \bar{b}$, $c_i \geq \bar{c}$.

Шаг 2. Если имеется пустая группа, то она не участвует в построении интегрального рейтинга конкурентоспособности и все следующие за ней группы получают номер, на единицу меньший предыдущего номера. Полагаем далее, что $m = m - 1$. После достижения последней группы в текущем списке групп алгоритм построения интегрального рейтинга завершается. Количество компаний в каждой группе с номером $1, 2, \dots, m$, обозначаются, соответственно, через N_1, \dots, N_m .

Иерархическая модель интегрального рейтинга состоит в следующем. На втором этапе анализа выполняется ранжирование компаний внутри каждой группы по показателю прибыли (С).

Далее, с учетом приоритетности групп, выстраивается интегральный рейтинг. Для этого применяется следующая процедура.

Шаг 1. Вычисляются ранги по показателю С в каждой группе от 1 (лучшего) до N_j (худшего в j -й группе), $j=1, \dots, m$.

Шаг 2. Для предприятий, входящих в первую группу, рейтинги, полученные на первом шаге, остаются без изменений, от самого высокого рейтинга 1 до N_1 .

Шаг 3. Для компаний каждой следующей группы рейтинги, полученные на шаге 1, пересчитываются путем добавления к рейтингу каждой компании этой группы числа, равного сумме компаний всех предшествующих групп. Схема построения интегрального рейтинга представлена на рисунке 1. Вычислительный блок алгоритма может быть интегрирован в любую программную оболочку интеллектуального анализа данных.

Для построения математической модели вводятся следующие обозначения.

Пусть для целей инвестирования рассматриваются m отраслей, и в каждой отрасли выбрано некоторое количество компаний, всего в анализе участвуют компаний, распределённых по m отраслям.

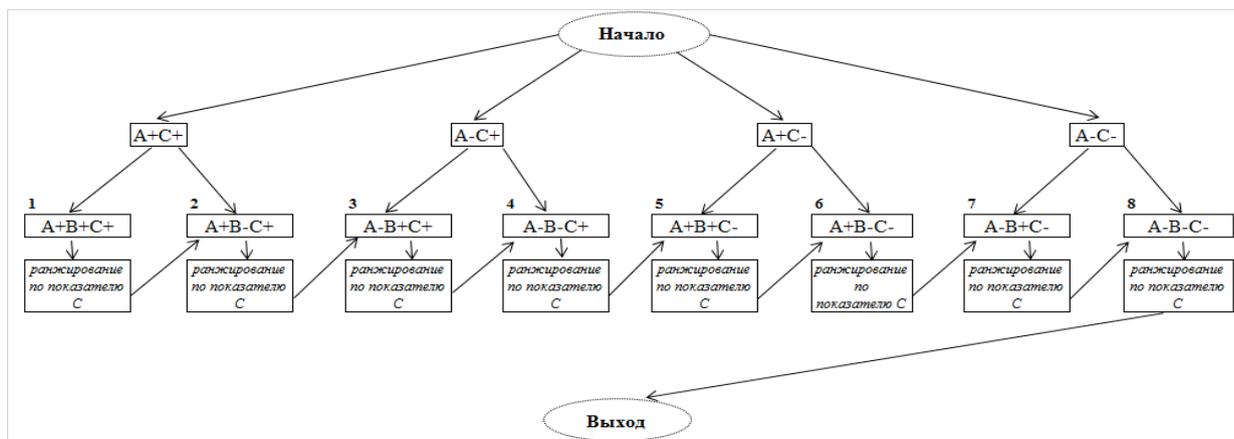


Рисунок 1 - Схема информационных потоков интегрального рейтинга

Интегральные ранги компаний обозначим через $V_1 > 0, \dots, V_n > 0$ («1» – лучший, «n» – худший), соответственно, ранги компаний по отраслевому признаку обозначим через $W_1 > 0, \dots, W_n > 0$ («1» – лучший, «n» – худший). Нужно определить доли инвестирования компаний в каждой отрасли $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$. Обязательным условием построения модели является учёт приоритета отраслей для улучшения рейтинга компаний, с использованием корректировки по отраслевому признаку.

На основе иерархического анализа статистических данных выполняется построение интегрального рейтинга компаний V , индексируемого согласно номеру компании в списке (для i -ой компании рейтинг V_i). В целях получения рекомендуемых долей инвестирования применяется математическая задача с негладким функционалом и линейным ограничением вида:

$$\max_{i=1, n} V_i \tilde{\theta}_i \rightarrow \min_{\theta \in D} D = \{ \tilde{\theta} = (\tilde{\theta}_1, \dots, \tilde{\theta}_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \tilde{\theta}_i = 1 \}, \quad (1)$$

решение задачи (1) определяется по формулам (2):

$$\tilde{\theta}_i = 1 / \left(V_i \sum_{k=1}^n (V_k)^{-1} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

По результатам анализа ранга компаний, который строится на основе иерархического анализа данных об их финансово-хозяйственной деятельности, отрасли ранжируются по следующему принципу:

ранг 1 присваивается отрасли, компания которой имеет лучший рейтинг,

далее отрасли следуют в порядке убывания рейтингов лидирующих в рейтинге компаний, и им присваивается самостоятельный рейтинг (ранг), от первого (1) до последнего (численно равного количеству анализируемых отраслей).

Обозначим W_k ранг k -ой отрасли согласно номеру отрасли в списке (по приоритету). Аналогично задаче (1), для отраслей ставится задача:

$$\max_{i=1,n} W_i \hat{\theta}_i \rightarrow \min_{\hat{\theta} \in D}, D = \{ \hat{\theta} = (\hat{\theta}_1, \dots, \hat{\theta}_n) \in R^n : \sum_{i=1}^n \hat{\theta}_i = 1 \}, \quad (3)$$

решение задачи (3) определяется по формулам (4):

$$\hat{\theta}_i = 1 / \left(W_i \sum_{k=1}^n (W_k)^{-1} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Итоговый показатель для компаний получается путём корректировки решения задачи (1) за счёт решения задачи (3).

Пусть

$$\sum_{i=1}^n \hat{\theta}_i \cdot \tilde{\theta}_i = z.$$

Доли инвестирования i -ой компании получаются по формулам (5), представленным ниже:

$$\theta_i = \hat{\theta}_i \tilde{\theta}_i / z, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Вычислительный эксперимент. В нем учувствуют десять крупнейших по объему реализации компаний за 2015 г.. Для анализа рассматриваются периоды: 2015 г., 2016 г., 2017 г. Анализируя методику, заложенную в основу построения рейтингового документа «Рейтинг крупнейших компаний России по объему реализации продукции» за 2015 г. агентства «Эксперт РА» можно сделать вывод, что в 2015 г. показатели А, В и С положительно влияют на развитие бизнеса и их рост желателен для любой крупной компании. Коэффициенты корреляции между показателями АВ, ВС и АС находятся в диапазоне от 0.55 до 0.9. Такой же вывод можно сделать о данных за 2016 и 2017 гг. Следовательно, выполняются все допущения, принятые при построении модели рейтинга.

Далее, выполняем ранжирование исходных данных: а – ранг по объему реализации в рассматриваемом году, b – ранг по приросту объема реализации к предыдущему году, с – ранг по чистой прибыли в рассматриваемом году. По результатам ранжирования строим интегральный рейтинг, таблица 1, таблица 2.

Таблица 1 – Рейтинг (2015-2017, десять лидеров по объёму)

Компания	Рейтинг 2015 Г.	Рейтинг 2016 Г.	Рейтинг 2017 Г.
Газпром	1	2	1
Лукойл	3	3	2
Роснефть	2	4	3
Сбербанк	4	1	4
Банк ВТБ	6	6	9
Магнит	9	7	10
X5 RetailGroup	10	9	6
Сургутнфтегаз	5	10	5
Татнефть	7	8	8
Новатэк	8	5	7

Имеем рейтинги отраслей:

Таблица 2 – Рейтинги компаний и отраслей, на основе минимаксного подхода (2015-2017, лидеры по объёму)

Компания	Отрасль	Итоговый рейтинг 2015	Итоговый рейтинг 2016	Итоговый рейтинг 2016	Рейтинг отраслей
Газпром	нефтяная и газовая промышленность	38,76%	22,97%	38,90%	1
ЛУКОЙЛ	нефтяная и газовая промышленность	12,92%	15,32%	19,45%	1
Роснефть	нефтяная и газовая промышленность	19,38%	11,49%	12,97%	1
Сбербанк	Банки	4,85%	22,97%	4,86%	2
Банк ВТБ	Банки	3,23%	3,83%	2,16%	2
Магнит	розничная торговля	1,44%	2,19%	1,30%	3
X5 RetailGroup	розничная торговля	1,29%	1,70%	2,16%	3
Сургутнфтегаз	нефтяная и	7,75%	4,59%	7,78%	1

	газовая промышленность				
Татнефть	нефтяная и газовая промышленность	5,54%	5,74%	4,86%	1
Новатэк	нефтяная и газовая промышленность	4,85%	9,19%	5,56%	1

Проанализируем динамику рейтинга с 2015 г. по конец 2017 г.

Лидирующие места в рейтинге занимают компании «Газпром», «Лукойл» и «Роснефть». Опередив всех нефтяных лидеров, в 2016 г. на первое место вырвался «Сбербанк России», но в 2017 году он снова занял своё «законное» четвёртое место. «Лукойл» в 2017 году снова опередил компанию «Роснефть», ранее отставая от неё в рейтинге. «Сургутнефтегаз» за счёт снижения прибыли в 2016 г. спустился на 10 строчку интегрального рейтинга за 2016 год, но уже в 2017 году вернулся на своё пятое место. Банк ВТБ, Магнит, X5 Retail Group борются за лидерство в рейтинге, но вряд ли они смогут противостоять таким гигантам как Сургутнефтегаз и Новатэк.

Результаты экспериментов показывает устойчивость предложенного рейтинга к обрезке данных. Действительно Газпрому и Сбербанк остаются лидерами уже многие годы, это положительный фактор для России.

Очевидно, что 2016 год стал удачным для банковской сферы (Сбербанк), значительно возросла прибыль. В 2017 году положительным изменением в рейтинге ведущих компаний России стал резкий перелом рейтинга в пользу нефтегазовой промышленности – ввиду кардинального обновления оборудования и технологий, стали поступать доходы от реализации не только сырья, но и продуктов его переработки. Позитивным для России является стабильное лидерство крупнейшего банка Сбербанка и устойчивые позиции его ближайшего конкурента ВТБ. В сфере розничной торговли также проявляется некоторая стабильность, в основном благодаря компании Магнит. Лучше было бы, если эта компания торговала больше отечественными продуктами, улучшала региональную сетевую инфраструктуру, развивала технологии адаптированные к региональным потребностям переработки и сбыта

собственной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическое использование разработанного метода интегрального ранжирования компаний позволяет оптимизировать процесс распределения инвестиционных ресурсов и способствует поддержанию расширения производства высоко-технологичной продукции, производимой ведущими компаниями важнейших отраслей экономики России. Предложенный метод целесообразно использовать при разработке инвестиционной стратегии развития высокотехнологичной проектов.

Подтверждением гипотезы работы служит существование адекватной модели рейтинга, устойчивой к процедуре «обрезки» используемых данных за счёт исключения менее крупных компаний. Результаты тестирования модели показали высокое качество преимственности к небольшим шумовым изменениям. Ввиду лавинообразного нарастания потока данных в режиме онлайн, метод логического ранжирования позволяет, избавившись от лишних шумов, выстроить эффективный, с точки зрения инвестиционной привлекательности, рейтинг лидирующих отечественных компаний крупнейших отраслей.

Разработанный метод базируется на логических правилах группировки компаний, позволяющих получить рейтинг компаний с использованием полученных отраслевой принадлежности по рейтингованию групп. Метод обладает научной новизной, благодаря иерархической процедуре ранжирования компаний и показателей их рейтингования. После на перспективу, целесообразно широко использовать методику применения минимаксной задачи для получения рейтинговой оценки инвестиционной привлекательности компаний с учётом отраслевого признака в группе крупного сектора.

В бакалаврской работе были применены финансово-математические расчёты и информационные технологии. Код ранжирования был написан на языке программирования Java с помощью среды разработки IntelliJ IDEA. В расчётах задействованы его функциональные возможности и инструментарий аналитической разработки.