

Секция «Искусственный интеллект и цифровая трансформация в бизнесе и
государственном управлении»

**Современные методы управления информационными системами на основе
бизнес-процессов.**

Научный руководитель – Лапина Мария Анатольевна

Багаутдинова Алина Раисовна

Студент (специалист)

Северо-Кавказский федеральный университет, Институт информационных технологий и телекоммуникаций, Кафедра информационной безопасности автоматизированных систем, Ставрополь, Россия

E-mail: bagauttdinova@mail.ru

В статье предлагается обзор современных методов, моделей, алгоритмов и инструментов управления организационными системами на основе бизнес-процессов. Рассмотрены ключевые аспекты управления информационными системами с использованием технологий BPMN (Business Process Model and Notation), EPC (Engineering Procurement Construction) и алгоритмов управления: процессный майнинг, оптимизация рабочих потоков. Исследуются преимущества и недостатки применения системы управления бизнес-процессами, такие как BPM-системы (Building Information Modeling) и системы RPA (Robotic Process Automation). Исследуется задача оптимизации бизнес-процесса для повышения адаптивности и конкурентоспособности организаций в современной динамичной среде и уменьшения финансовых издержек на оказание услуг. В статье предлагается новый подход для оценки качества современных информационных систем с применением различных методов управления бизнес-процессов. Авторы акцентируют внимание на универсальности энтропии как меры неопределенности, что делает ее применимой для анализа сложных систем, включая управление бизнес-процессами в условиях динамичной и нестабильной среды. Формула Шеннона позволяет количественно оценить неопределенность и сложность бизнес-процессов. Чем выше значение энтропии $H(X)$ тем больше неопределенность, что может сигнализировать о необходимости оптимизации процессов. Авторы монографии выделяют несколько ключевых областей применения энтропии в управлении бизнес-процессами: оценка рисков и неопределенности. Энтропия позволяет количественно оценить уровень неопределенности в бизнес-процессах, что способствует выявлению потенциальных рисков и разработке стратегий их минимизации. Например, в логистике энтропия может быть использована для анализа изменчивости времени доставки или колебаний спроса, что помогает оптимизировать цепочки поставок. Также снижение энтропии в бизнес-процессах может быть достигнуто за счет стандартизации, автоматизации и улучшения качества данных. Авторы приводят примеры, где снижение энтропии приводит к повышению предсказуемости и эффективности процессов, что особенно важно для компаний, работающих в условиях высокой конкуренции. В сложных системах, таких как маркетплейсы, энтропия помогает выявить скрытые зависимости и закономерности. Например, анализ энтропии в цепочках поставок может показать, какие этапы процесса наиболее подвержены неопределенности, что позволяет сосредоточить усилия на их оптимизации. Энтропия используется для оценки различных сценариев развития событий. Авторы предлагают использовать энтропийные модели для сравнения альтернативных стратегий и выбора оптимального решения, что особенно важно в условиях нестабильной внешней среды. Также затронута тема управления бизнес-процессами, которая посвящено анализу, проектированию, внедрению и постоянному совершенствованию организационных процессов. В то время как ранние работы были сосредоточены на перепроектировании отдельных процессов,

современные исследования призывают к более целостному взгляду на управление организационными процессами. С этой целью управление бизнес-процессами понимается как интегрированный набор корпоративных возможностей, связанных со стратегическим согласованием, управлением, методами, технологиями, людьми и культурой. Эти алгоритмы составляют основу программного обеспечения майнинг процессов. Пять самых популярных алгоритмов добычи процессов включают альфа-майнера, Heuristic Miner, Fuzzy Miner, Inductive Miner и Genetic Miner. Ниже приведено описание трех из них. Alpha Miner (или α -алгоритм, α -miner) связывает журналы событий или наблюдаемые данные и обнаружение модели процесса. Этот алгоритм был первым алгоритмом обнаружения процессов.

В статье энтропия рассматривается как ключевой инструмент для анализа и управления неопределенностью в экономических системах и бизнес-процессах. Авторы акцентируют внимание на универсальности энтропии как меры неопределенности, что делает ее применимой для анализа сложных систем, включая управление бизнес-процессами в условиях динамичной и нестабильной среды. Энтропия, введенная Клодом Шенноном, является фундаментальной мерой неопределенности, которая может быть использована для анализа как дискретных, так и непрерывных систем. В контексте бизнес-процессов энтропия позволяет количественно оценить степень хаотичности или неупорядоченности системы, что особенно важно при моделировании процессов, где присутствуют неопределенности в данных, ресурсах или внешних условиях.

Одной из самых известных научных работ Клода Шеннона является его статья «Математическая теория связи», опубликованная в 1948 году. В этой работе Шеннон, исследуя проблему рациональной передачи информации через зашумленный коммуникационный канал, предложил вероятностный подход к пониманию коммуникации, создал первую истинно математическую теорию энтропии как меры случайности и ввел меру дискретного распределения p вероятности на множестве альтернативных состояний передатчика и приемника сообщений. Шеннон задал требования к измерению энтропии и вывел формулу, ставшую основой количественной теории информации:

$$H_D(x) = - \sum (p(x_i) * \log_2 p(x_i)) \quad (1)$$

Формула Шеннона, или формула энтропии, может быть использована для анализа бизнес-процессов, особенно в контексте оценки неопределенности, сложности и информационной насыщенности. Ниже приведены реальные примеры использования формулы Шеннона в бизнесе с формулами и расчетами.

Анализ неопределенности в процессе обработки заказов

Компания занимается обработкой заказов. В процессе обработки возможны следующие исходы:

1. Событие x_1 – заказ куплен вовремя (вероятность покупки заказа вовремя 0.7).
2. Событие x_2 – заказ отменен клиентом (вероятность покупки заказа вовремя 0.2)
3. Событие x_3 – заказ куплен не вовремя (время покупки больше, чем отведенная норма) (вероятность покупки заказа вовремя 0.1).

По формуле (1) нам нужно оценить энтропию процесса обработки заказов:

$$H_D(X) = H_D(x_1) + H_D(x_2) + H_D(x_3) = - (0.7 * (-0.514) + 0.2 * (-2.322) + 0.1 * (-3.322)) = 1.156 \text{ бит}$$

Энтропия процесса обработки заказов составляет 1,156 бит. Это означает, что процесс имеет умеренную неопределенность. Если энтропия была бы выше, это указывало бы на необходимость оптимизации процесса (например, уменьшение количества отмен или задержек).

Оценка сложности процесса принятия решений

Компания анализирует процесс принятия решений о запуске новых продуктов. Воз-

возможные исходы:

1. Событие x_1 - решение принято быстро (вероятность 0,5).
2. Событие x_2 - решение отложено для дополнительного анализа (вероятность 0.3)
3. Событие x_3 - решение отклонено (вероятность 0.2)

По формуле (1) нам нужно определить энтропию процесса принятия решений:

Подставляем значения в формулу:

$$H_D(X) = H_D(x_1) + H_D(x_2) + H_D(x_3) = - (0.5 * (-1) + 0.3 * (-1.737) + 0.2 * (-2.322)) = 1.485$$

бит

Энтропия процесса принятия решений составляет 1,485 бит. Это указывает на относительно высокую неопределенность, что может быть связано с частыми задержками или отклонениями решений. Компания может рассмотреть возможность упрощения процесса или улучшения информационной поддержки.

Анализ рисков в логистическом процессе

Логистический процесс доставки товаров имеет следующие возможные исходы:

1. Событие x_1 - доставка выполнена вовремя (вероятность 0.6)
2. Событие x_2 - доставка задержана (вероятность 0.3).
3. Событие x_3 - доставка отменена (вероятность 0.1)

По формуле (1) нам нужно определить неопределенность логического процесса

Подставляем значения в формулу:

$$H_D(X) = H_D(x_1) + H_D(x_2) + H_D(x_3) = - (0.6 * (-0.737) + 0.3 * (-1.737) + 0.1 * (-3.322)) =$$

1.295 бит

Энтропия логистического процесса составляет 1,295 бит. Это указывает на умеренную неопределенность, связанную с задержками и отменами. Для снижения энтропии можно оптимизировать процесс доставки, например, улучшить планирование маршрутов или увеличить запасы товаров.

Рассмотрим пример использования дифференциальной энтропии для анализа непрерывного процесса, такого как время доставки товаров в логистической системе. Время доставки может быть описано как непрерывная случайная величина с определенным распределением вероятностей. Для анализа неопределенности в этом процессе можно использовать дифференциальную энтропию.

Определение функции плотности вероятности

Предположим, что время доставки X имеет нормальное распределение с математическим ожиданием

μ , $\sigma = 5$ дней и стандартным отклонением. Функция плотности вероятности для нормального распределения задается формулой (Королюк В.С. и др. [1982]) [7]:

Рис 3. Функция плотности вероятности для нормального распределения

Для непрерывной случайной величины дифференциальная энтропия вычисляется:

Рис 4. Дифференциальная энтропия

Подстановка функции плотности вероятности:

Подставляем $f(x)$ в формулу дифференциальной энтропии:

Рис 5. Дифференциальная энтропия

Подставляем это обратно в формулу:

Рис. 6. Дифференциальная энтропия

Вычисление интегралов:

Рис. 7. Вычисление первого и второго интегралов

Дифференциальная энтропия времени доставки составляет примерно 2.545 бит. Это значение показывает уровень неопределенности в процессе доставки. Чем выше значение энтропии, тем больше неопределенность, что может указывать на необходимость оптимизации логистического процесса, например, путем улучшения планирования маршрутов

или увеличения запасов товаров.

Формула Шеннона позволяет количественно оценить неопределенность и сложность бизнес-процессов. Чем выше значение энтропии $H(X)$ тем больше неопределенность, что может сигнализировать о необходимости оптимизации процессов. В приведенных примерах показано, как можно применять формулу для анализа различных аспектов бизнеса, таких как обработка заказов, принятие решений и логистика.

В статье представлен обзор основных методов, которые оказывают огромное влияние на передовую практику управления бизнес-процессами.

Исследование помогло выявить, что модели управления бизнес-процессами, включающие BPMN, EPC и IDEF, играют ключевую роль в визуализации, изучении и оптимизации организационных процедур. Эти методы позволяют эффективно структурировать и улучшать взаимодействие подразделений организации, что приносит организации большую эффективность.

Источники и литература

- 1) Королев О.Л., Кусый М.Ю., Сигал А.В. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике: монография / под ред. проф. А.В. Сигала. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 250 с.
- 2) Долганова, О. И., Виноградова, Е. В., & Лобанова, А. М. Моделирование бизнес-процессов, 2022
- 3) Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 544 с.
- 4) Григорьев М. Н., Долятовский В. А. Управление бизнес-процессами: концепции, методы, инструменты. — М.: КноРус, 2019. — 288 с.
- 5) Дубейковский В. И. Управление бизнес-процессами: современные методы и инструменты. — М.: Инфра-М, 2018. — 256 с.
- 6) Верников Г. И. Информационные системы управления бизнес-процессами. — СПб.: Питер, 2015. — 320 с.
- 7) Королюк В.С., Портенко Н.И. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука, 1982. — С. 123–125.
- 8) Козлов В. Н., Козлова М. В. Интеграция бизнес-процессов и информационных систем. — М.: Горячая линия – Телеком, 2018. — 288 с.
- 9) Григорьев И. С., Дмитриев В. И. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении предприятием. — М.: КноРус, 2017. — 288 с.
- 10) Андреева Е. Л., Бочаров Е. Н. Управление бизнес-процессами: современные подходы и методы. — М.: Инфра-М, 2022. — 312 с.
- 11) Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. — СПб.: Издательство Политехнического университета, 2018. — 512 с.

Иллюстрации

Обозначение	Описание	Интерпретация в бизнес-процессах
H_D	Дифференциальная энтропия для непрерывной случайной величины.	Используется для оценки неопределенности в непрерывных процессах, таких как колебания цен, спроса или других метрик.
H_I	Энтропия по Шеннону случайной величины.	
X	Дискретная случайная величина, представляющая множество состояний или исходов.	Множество возможных состояний или исходов в бизнес-процессе (например, уровни спроса, риски, результаты процессов).
$p(x_i)$	Вероятность наступления состояния x_i , где $i=1,2,\dots,n$	Вероятность возникновения конкретного исхода в бизнес-процессе (например, уровня спроса или риска).
n	Количество возможных состояний или исходов	Общее количество возможных исходов или состояний бизнес-процесса.
x_i	Конкретное состояние или исход из множества X	Отдельное состояние или результат бизнес-процесса (например, успешное завершение, ошибка, задержка).
$f(x)$	Функция плотности вероятности для непрерывной случайной величины.	Описывает распределение вероятностей для непрерывных данных, например, времени доставки или уровня продаж.
$p_1, p_2, \dots, p_n$	Вероятность i -го состояния системы, где $i=1, 2, \dots, n$.	Показывает вероятность возникновения конкретного состояния (например, уровня спроса или риска).
S	Упрощенная метрика пригодности	Общая метрика пригодности для конкретной нотации N в контексте C . Используется для оценки удобства и эффективности использования нотации в зависимости от контекста.
N	Нотация (например, BPMN, EPC, IDEF0).	Обозначает конкретную нотацию, используемую для моделирования бизнес-процессов.
C	Контекст (например, сложность бизнес-процесса, потребность в детализации, опыт аудитории).	Описывает условия, в которых применяется нотация.
w_i	Вес i -го критерия, который отражает его важность (от 0 до 1, сумма весов равна 1).	Определяет значимость каждого критерия при оценке пригодности нотации.
$g(N, C)$	Оценка по i -ому критерию для нотации N в контексте C (от 0 до 1).	Количественно оценивает, насколько хорошо нотация удовлетворяет критерию.
Читаемость (g_t)	Оценивает, насколько легко нотация воспринимается и	Используется для оценки удобства восприятия нотации.

Рис. : 1. Обозначения статьи

	понимается. (0 – не читаемо, 1 – очень читаемо).	
Детализация (g_2)	Оценивает, насколько точно нотация передает детали бизнес-процесса. (0 – неточно, 1 – очень точно).	Используется для оценки способности нотации передавать детали процесса.
Моделирование логики (g_3)	Оценивает, насколько логика процесса ясно отображается в нотации. (0 – не ясно, 1 – очень ясно).	Используется для оценки четкости отображения логики процесса.
Универсальность/Стандартизация (g_4)	Оценивает распространенность и стандартность нотации (для понимания другими людьми/инструментами). (0 – нестандартна, 1 – очень стандартна).	Используется для оценки универсальности и стандартизации нотации.
$E(X)$	Ожидаемое значение	Средний результат, который можно ожидать от какого-либо процесса или решения
S_i	Вероятность сценария i	Вероятность того, что определенный сценарий развития событий произойдет. Например, вероятность успешного внедрения новой технологии или вероятность срыва в цепочке поставок
C_i	Результат сценария i	Итог или последствия, которые возникают при реализации сценария i
S_e	Чувствительность	Мера того, насколько сильно изменяется целевой показатель (например, прибыль) при изменении входного параметра (например, цены на сырье).
ΔY	Изменение выходного параметра	Разница в целевом показателе (например, объем продаж или затраты) до и после изменения какого-либо фактора
ΔX	Изменение входного параметра	Корректировка входного фактора, который влияет на бизнес-процесс.
Y	Целевая переменная	Показатель, который бизнес стремится оптимизировать или контролировать.
$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$	Коэффициенты модели	Веса, которые показывают, насколько сильно каждый входной параметр влияет на целевую переменную.
$x_1, x_2, \dots, x_n$	Входные переменные	Факторы, которые влияют на бизнес-процесс. Например, цена продукта, затраты на производство.
ϵ	Ошибка модели	Непредсказуемая часть результата, которая не объясняется входными переменными. Например, случайные колебания спроса, вызванные внешними

Рис. : 2. Обозначения статьи

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Рис. : 3. Функция плотности вероятности для нормального распределения

$$H_I = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log_2 f(x) dx$$

Рис. : 4. Дифференциальная энтропия

$$H_I = - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \right) dx$$

Рис. : 5. Дифференциальная энтропия

$$\log_2 f(x) = \log_2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right) - \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \cdot \log_2 e$$

Рис. : 6. Дифференциальная энтропия

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot \log_2 \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \right) \cdot dx = \log_2 \left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \cdot \log_2 e \cdot dx = \frac{\log_2 e}{2\sigma^2} \int_{-\infty}^{+\infty} (x-\mu)^2 f(x) \cdot dx$$

Рис. : 7. Вычисление первого и второго интегралов