

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ IDEF3 МОДЕЛИРОВАНИЯ
ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF ORGANIZING PRODUCTION
PROCESSES BASED ON IDEF3 MODELING**

Сафонова Ю.А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

kulakova7@yandex.ru

Safonova Yu.A., CSc (Engineering), Associate Professor

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: в данной работе исследуется вопрос об оптимизации производственных процессов посредством моделирования, основанного на методологии IDEF3. Проанализированы как последовательностные, так и потоковые модели, выполнен сравнительный обзор существующих подходов, а также предложены решения для улучшения стабильности и результативности систем. Значительное внимание уделено рассмотрению моделей, включающих обратную связь, в которых изучается воздействие различных типов потоков на общую производительность. Сформулированы расчетные соотношения для определения величины потоков и рассмотрены затруднения, с которыми сталкиваются при создании моделей. Кроме того, был создан программный компонент, предназначенный для изучения потоковых моделей, что дает возможность обнаруживать потенциальные проблемы и совершенствовать рабочие процессы.

Summary: This paper examines the issue of optimization of production processes by means of modeling based on the IDEF3 methodology. Both sequential and flow models are analyzed, a comparative review of existing approaches is performed, and solutions for improving the stability and efficiency of systems are proposed. Considerable attention is paid to the consideration of models that include feedback, in which the impact of different types of flows on overall performance is studied. Calcu-

lation relationships for determining the magnitude of flows are formulated and difficulties encountered in creating models are considered. In addition, a software component was created for studying flow models, which makes it possible to detect potential problems and improve work processes.

Ключевые слова: организация производственных процессов, моделирование IDEF3, потоковые модели, последовательностные модели, обратная связь, интенсивность потока, узкие места, программное обеспечение, математическое моделирование.

Keywords: organization of production processes, IDEF3 modeling, flow models, sequential models, feedback, flow intensity, bottlenecks, software, mathematical modeling.

Отсутствие задержек и очередей в современных системах является жизненно важным аспектом, и это требуется для высокоэффективных систем. Тем не менее, для достижения такого уровня работы требуются дополнительные ресурсы. Разработка моделей и методов для анализа и оптимизации этих процессов позволит улучшить решение этих вопросов. Коммуникация, промышленные сектора, выпуск медицинских устройств и высокотехнологичных продуктов применяют такие модели для оптимизации производственных процессов различного характера.

Данная работа направлена на разработку программного компонента для анализа производственных процессов. В рамках исследования рассматриваются последовательностные и потоковые модели, выявляются их ключевые особенности и потенциальные недостатки. Создаваемое программное обеспечение обеспечит возможность моделирования потоков с учетом обратной связи, что способствует увеличению надежности и производительности системы.

Модели IDEF3 – это мощный инструмент для детального описания производственных процессов. Они не только отображают последовательность действий, но и учитывают все технологические нюансы, позволяя подробно проанализировать, как организованы потоки работ и насколько эффективно они функционируют. Ключевым элементом IDEF3 является использование специальных обозначений, которые точно определяют взаимосвязи между отдельными этапами процесса. Благодаря этому, становится возможным глубокое понимание как статической структуры процесса (его составных частей), так и его динамики (последовательности выполнения и взаимодействия этапов). В итоге,

IDEF3 обеспечивает четкое и полное представление о том, как устроен и работает производственный процесс [1, 2].

В моделировании производственных процессов используются два основных типа связи, определяющих порядок действий:

- последовательностные связи: модели по шагам, где каждый шаг запускается только после полного завершения и подтверждения предыдущего; процесс движется линейно по цепочке, что наглядно можно отобразить стрелками, указывающими однонаправленное движение от одного шага к другому; завершение этого этапа – обязательное условие для начала следующего; например, сборка автомобиля на конвейере: сначала устанавливается двигатель, затем – колеса, и только после этого – кузов;

- потоковые связи: производственный процесс представлен как совокупность нескольких потоков – это могут быть потоки данных (информация), материалов (сырье и детали), энергии и т.п., что измеряется и участвует в процессе (например, финансовые потоки или документооборот); в отличие от последовательностных моделей здесь элементы взаимодействуют более свободно, а связи между ними – двунаправленные, что означает, что один элемент может влиять на другой и наоборот, и процессы могут происходить параллельно или частично перекрываться, например, производство на фабрике, где одновременно работают несколько линий, поставляющих материалы друг другу, или обработка информации в компьютерной сети, где данные передаются в разных направлениях одновременно; двунаправленные стрелки на диаграмме модели отражают это многостороннее взаимодействие.

Для правильного описания таких моделей необходимо сначала установить тип потока. Тип потока является сложной характеристикой, зависящей от применяемого оборудования и методов, а также от особенностей перемещаемых объектов. Существует 4 вида потоков:

- 1) непрерывный поток: объекты перемещаются последовательно, не останавливаясь, входящие элементы проходят через процесс и выходят без задержек;

- 2) регулярный поток: процесс структурирован с установленными временными промежутками, что создает очередь; объекты начинают поступать через определенные временные интервалы;

- 3) постоянный поток: это разновидность регулярного потока, при которой интервалы между поступлением объектов остаются неизменными;

4) случайный поток: объекты приходят с непредсказуемыми временными промежутками, простой случайный поток характеризуется минимальным временным интервалом между поступлениями [2].

Колебания в скорости или силе потока способны вызвать осложнения и формирование зон риска. Зачастую трудности проявляются в точках слияния или разделения потоков, например, при объединении или диверсификации заданий и потоков работ.

Математические выражения, позволяющие вычислить значение интенсивности постоянного потока в моделях потоков, имеющих обратную связь:

$$\lambda_1 = k_1 \cdot (\lambda_{\text{вх}} + a \cdot \lambda_1); \lambda_{\text{вх}} = b \cdot \lambda_1; a + b = 1, \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{вх}}$, λ_1 - входная интенсивность потока модели и интенсивность потока для параметра w_1 (см. рисунок 1), соответственно; k_1 - коэффициент передачи потока; a , b - коэффициенты разветвления потока.

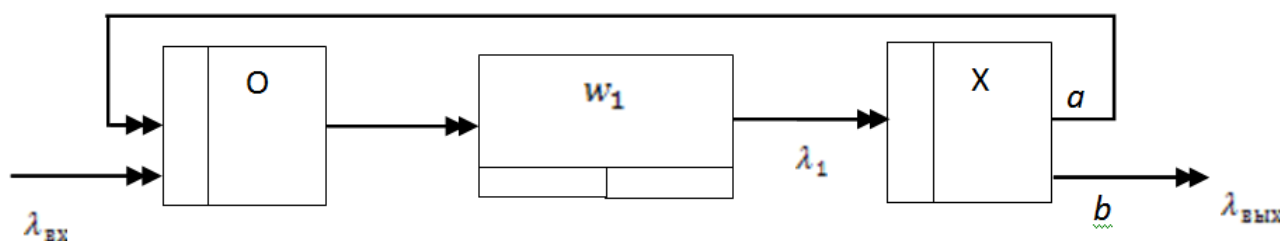


Рисунок 1 – Потокосная модель с обратной связью

Интенсивности равны:

$$\lambda_1 = \frac{k_1 \cdot \lambda_{\text{вх}}}{1-a} \lambda_{\text{вх}} = \frac{b \cdot k_1 \cdot \lambda_{\text{вх}}}{1-a \cdot k_1} = \frac{k_1 \cdot (1-a) \cdot \lambda_{\text{вх}}}{1-a \cdot k_1}, \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{вх}}$ - интенсивность потока на входе модели; $0 < 1 - a \cdot k_1 < 1$.

Таким образом, устанавливается предел для коэффициента обратной связи a . Когда задание w_1 выступает в роли передатчика ($k=1$), это ограничение будет всегда соблюдено. Тогда

$$k_{10} = \frac{1}{1-a} > 1. \quad (3)$$

Усилитель представляет собой задачу для моделей с обратной связью. При приближении a к 1, интенсивность λ стремится к бесконечности. Далее происходит перегрузка задачи w_1 . Таким образом, модели с обратной связью оказываются сложными, когда коэффициент обратной связи близок к 1. В данной ситуации, если задача w_1 воспринимается как усилитель с условием ($k_1 > 1$), то выполняется требование по коэффициенту обратной связи модели:

$$k_{10} = \frac{k_1}{1 - a \cdot k_1} > 1. \quad (4)$$

При данном соотношении задача w_1 продолжает выполнять функцию усилителя. Когда $a \cdot k_1$ приближается к 1, интенсивность потока будет увеличиваться до бесконечности. Это неизменно указывает на необходимость перезагрузки задания w_1 . В таком случае о сложности обратной связи можно судить, когда коэффициент обратной связи приближается к $1/k_1$.

При условии, что задача w_1 – демпфер, то есть колебания с тем же $k_1 < 1$ гасятся, то ограничение на $1/k_1$ может соблюдаться. При $k_{10} = \frac{k_1}{1 - a \cdot k_1} > 1$ задача w_1 – демпфер, причем $a = \frac{1 - k_1}{k_1}$. При $a \cdot k_1 \rightarrow 1$ интенсивность потока стремится к бесконечности. Это также означает перезагрузку задания w_1 .

Описанный режим работы обратной связи не устанавливается мгновенно. Принимается t - задержка потока для задания w_1 , после чего изменение интенсивности во времени (за единицу времени учитывается интервал между входящими объектами в потоке) имеет следующий вид:

$$\lambda_1(t + \tau) = a \cdot \lambda_1(t) + \lambda_{\text{вх}}(t); \lambda_{\text{вых}}(t) = b \cdot \lambda_1(t). \quad (5)$$

Возможно определение устойчивых скоростей потока. Время достижения устойчивого состояния пакетом данных вычисляется посредством линейного программирования, используя модуль оптимизации.

Допустим, $a=0,5$ и $t=3$. Стабилизация приема объектов начинается с отметки 16 условных единиц. На иллюстрации рисунка 2 можно увидеть переходную (стремящуюся к устойчивому значению) и импульсную характеристики, отражающие динамику системы (стремится к нулю). Это указывает на то, что обратная связь функционирует должным образом, соответствуя расчетной интенсивности. В таком случае, время, необходимое для перехода из стационарного состояния в стандартный режим, увеличивается в пять раз по сравнению с задержкой потока при нормальной работе.

Обратная связь в модели производственного процесса представляет собой сложный элемент, который может вызывать проблемы. Для её эффективного регулирования необходимо определить продолжительность задержки и общее время процесса.

Рассмотрим два возможных сценария.

1. Слияние: при объединении потоков продолжительность поступления объектов остаётся неизменной, однако ветвь X может прервать выходной поток при обработке обратной связи, что нарушает регулярность процесса.

2. Длительность поступления объектов: если время поступления объектов сокращается, это может вызвать перегрузку задачи $w1$ и нарушение регулярности, особенно если выходной поток более интенсивен, чем входной.

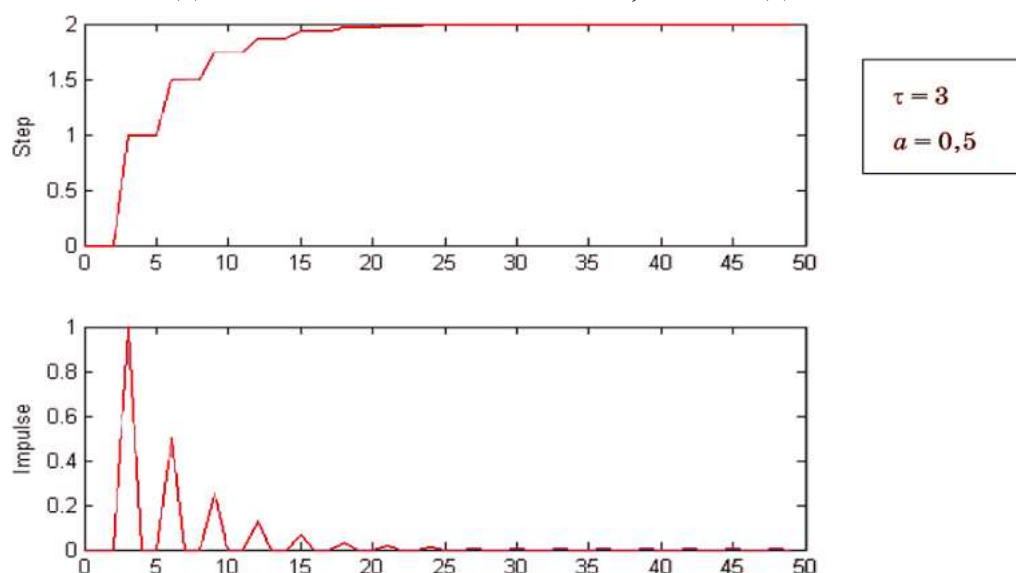


Рисунок 2 –Результат оценки времени процесса

После объединения потоков количество входящих элементов увеличивается по мере их накопления, что делает управление обратной связью сложным, особенно при наличии плавных изменений в потоке.

Был разработан программный модуль для анализа потоковых моделей и технологических процессов, основанный на использовании IDEF3-моделей, позволяющих учитывать различные варианты потоков. Этот подход помогает выявить потенциальные риски и улучшить точность моделирования сложных сценариев (рисунок 3).

Используя математические зависимости, и проводя анализ технологических стадий с помощью IDEF3 моделей для процессов различных типов получены численные значения индикаторов потоков процесса, что позволяет определить узкие места, и соответственно, оптимизировать решения по улучшению производства в целом.

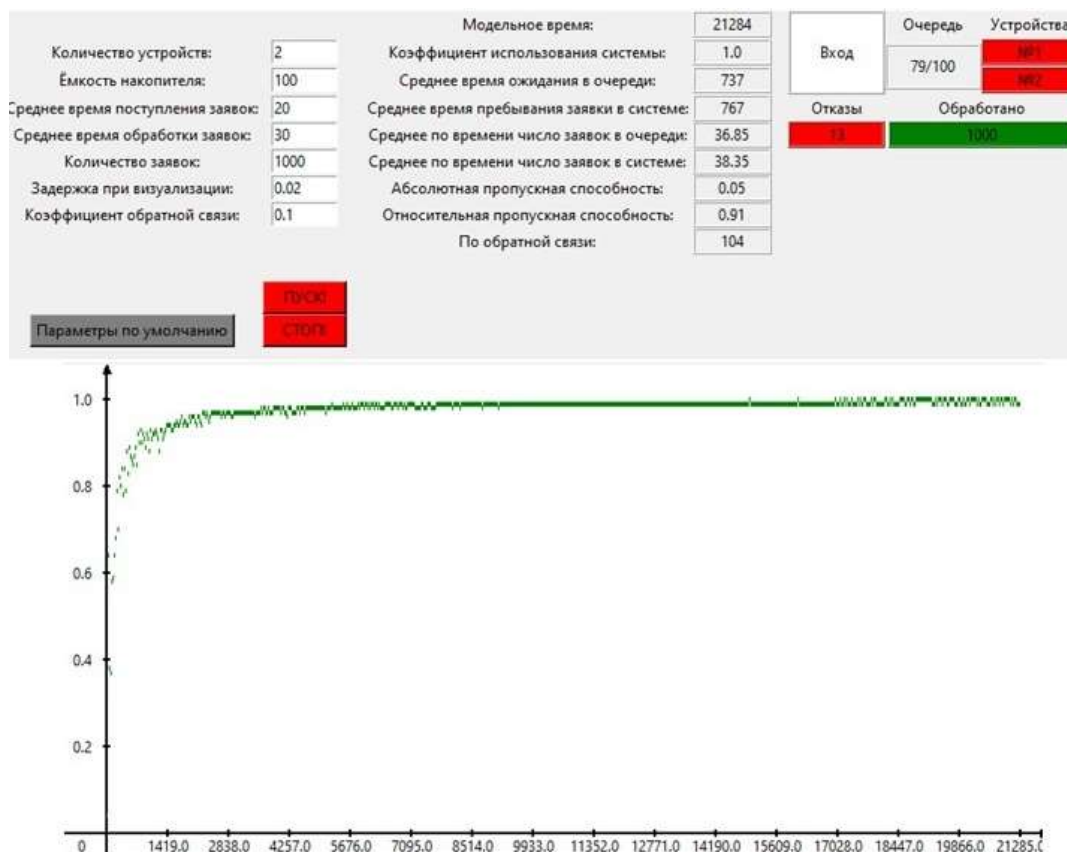


Рисунок 3 – Интерфейс программного модуля

Список литературы

1. Бритов, Г.С. Метод формального описания PFDD-диаграмм IDEF3-технологии / Г.С. Бритов // Информационно-управляющие системы. – 2014. – № 2. – С. 25-32.
2. Осипова, Т.Ф. Анализ потоков в бизнес-процессах по IDEF3-моделям / Т.Ф. Осипова // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2015. – № 4(8). – С. 155-162.

References

1. Britov, G.S. Method of formal description PFDD diagram IDEF3-technology / G.S. Britov // Information and control systems. 2014. No. 2. pp. 25-32.
2. Osipova, T.F. Analysis of flows in business processes using IDEF3 models / T.F. Osipova // Actual problems of economics and management. – 2015. – № 4(8). – Pp. 155-162.