

3. Крищенко, А.П. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости / А. П. Крищенко, А. Н. Канатников, С. Б. Ткачев // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 3. – С. 29. – EDN PBDWOT.

4. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»). – 768 с.

5. Пикалов, А.А. Математические соотношения для оценки устойчивости беспилотного летательного аппарата на заданной траектории / А. А. Пикалов, Ю. И. Федоров // В фокусе достижений молодой науки: Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции, Оренбург, 23 декабря 2022 года / под общей редакцией В. А. Шахова. – Оренбург: ФГБОУ ВО ОГАУ, 2023. – С. 233-235. – EDN DOZEQS.

Сведения об авторах

Пикалов Андрей Александрович, студент направления подготовки «Техносферная безопасность» Института управления рисками и комплексной безопасности Оренбургского государственного аграрного университета. E-mail: Andrysha1905@icloud.com.

Фёдоров Юрий Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент Оренбургского государственного аграрного университета. E-mail: yurf0023@mail.ru.

УДК 004.942

Половинкина Ю.С., Хромцов М.А. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОДУЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

В статье показано применение цветных сетей Петри на примере разработки математической модели модуля для работы с заявками на исполнение обязанностей временно отсутствующих работ-

ников, который интегрируется в имеющуюся систему электронного документооборота предприятия.

Ключевые слова: электронный документооборот, СЭД, цветные сети Петри, математическое моделирование.

Polovinkina Yu. S., Khromtsov M.A.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF AN ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT MODULE BASED ON COLOR PETRI NETS

The article shows the use of colored Petri nets using the example of developing a mathematical model of a module for working with applications to perform the duties of temporarily absent employees, which is integrated into the existing electronic document management system of an enterprise.

Keywords: electronic document management, colored Petri nets, mathematical modeling.

В связи со спецификой работы некоторых предприятий их системы электронного документооборота (СЭД) требуют постоянной поддержки и модификации. В связи с этим требуется расширение (модификации) системы путём добавления (модификации) различных модулей.

Работа модуля для заявок на исполнение обязанностей временно отсутствующих работников в СЭД предполагает, что в процессе своего жизненного цикла заявка может находиться в различных состояниях. Переходы из одних состояний в другие происходят при выполнении определенных условий. На основе проведённого анализа инструментов моделирования систем с изменяющимися состояниями выбрана модель на основе цветных сетей Петри. Объекты, используемые в расширенных сетях Петри, схожи с классами в объектно-ориентированных языках программирования, что дальнейшем значительно упрощает программную реализацию построенной модели.

Опишем жизненный цикл заявки разрабатываемого модуля. При создании заявки на исполнение обязанностей временно отсутствующих работников документ имеет статус «Черновик» (рис. 1) и находится в состоянии $state = draft$. На данном этапе только у автора заявки (исполнителя) есть доступ к документу. Исполнитель может редактировать заявку и выполнять над ней операции, как и с другими типами документов. Если исполнитель решит переслать документ с правом редактирования, то получатель также сможет внести в него

коррективы. Исполнитель может отправить документ на согласование. Предохранитель перехода t_0 соответствует функции f_0 , которая активирует переход, если в месте p_0 есть метки, у которых состояние заявки $state = onAgreed$.

Цвет меток (заявок) и мест характеризует статус в данный момент:

- серый p_0 : состояние *draft*, статус «Черновик»;
- красный p_1 : состояние *onAgreed*, статус «На согласовании».

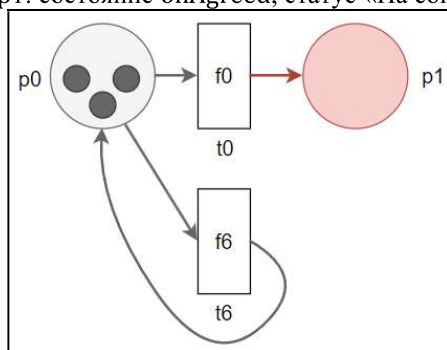


Рис. 1. Возможные изменения состояния из статуса «Черновик»

Документ попадает во входящие к согласующим на конкретном шаге. После того, как документ дожждётся согласования всех пользователей с текущего шага, он будет передан на следующий шаг.

В то время как документ находится «На согласовании» согласующий может вернуть документ исполнителю для дальнейшего редактирования или обсуждения его составляющих. Функция f_1 с предохранителем перехода t_1 активирует переход, если в месте p_1 есть заявки, у которых состояние $state = agreed$. Если согласующий уже согласовал документ, то он может остановить согласование. Также это может сделать сам исполнитель. Если метка находится в состоянии $state = stopped$, то сработает функция f_2 с предохранителем t_2 . Состояния заявки после остановки согласования приведено на рисунке 2.

Цвет меток (заявок) и мест характеризует состояние в момент «На согласовании»:

- зелёный p_2 : состояние *agreed*, статус «Согласовано»;

- тёмно-серый p3: состояние stopped, статус «Согласование остановлено»;
- голубой p4: состояние: returned, статус «Заявка возвращена».

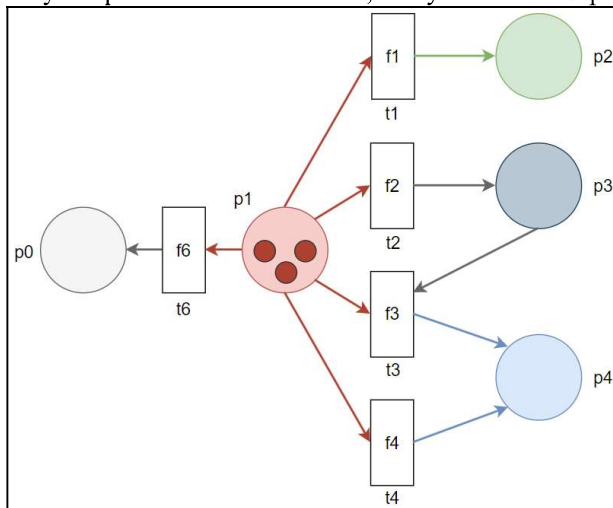
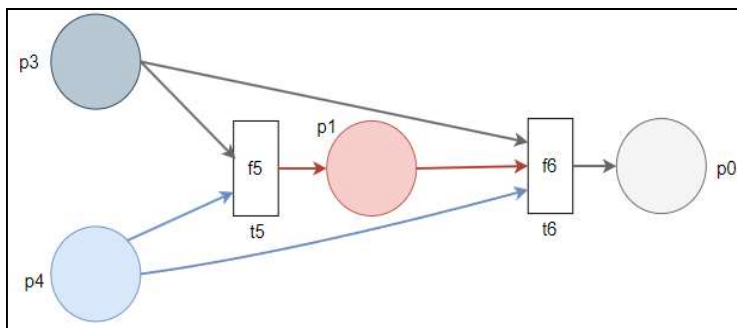


Рис. 2. Возможные изменения состояния из статуса «На согласовании»

Если согласующий остановил согласование, то он может либо его дальше продолжить (функция f5), если возникшие вопросы были разрешены с исполнителем, либо вернуть документ исполнителю для доработки, за что отвечает функция f3. Если документ возвращён исполнителю или исполнитель остановил согласование, то он может продолжить согласование без изменений, и заявка вернётся на шаг согласования, на котором она была до проделанных операций, либо исполнитель может внести изменения в заявку, после чего создастся новый этап согласования, который начнётся с первого шага.



*Рис. 3. Возможные изменения состояния из статусов
«Согласование остановлено» и «Заявка возвращена»*

В процессе разработки математической модели модуля заявок исследован весь путь, который проходят заявка, а также все состояния системы на различных этапах работы с ними. Математическая модель помогает наглядно проследить все ключевые моменты и уточнить характеристики элементов системы, которые могут изменяться в процессе.

В дальнейшем построенная модель была реализована на языках C#, JavaScript и СУБД PostgreSQL средствами фреймворков ASP.NET Core, Vue.js и внедрена на предприятии.

Библиографический список

1. Дубинин В. Н., Войнов А.С., Сенокосов И.В., Вяткин В.В., Функционально-блочная реализация моделей переходов состояний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalno-blochnaya-realizatsiya-modeley-perehodov-sostoyaniy>, свободный (дата обращения: 30.10.2023) - Загл. с экрана.\
2. Мальков М.В., Малыгина С. Н. Сети Петри и моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/seti-petri-i-modelirovanie>, свободный (дата обращения: 26.10.2023) – Загл. с экрана.
3. Кизилев Е.А. Методика построения цветных сетей Петри, моделирующих работу цифрового автомата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-postroeniya-tsvetnyh-setey-petri-modeliruyuschih-rabotu-tsifrovogo-avtomata>, свободный (дата обращения: 26.10.2023) – Загл. с экран.

Сведения об авторах

Половинкина Юлия Станиславовна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры высшей и прикладной математики САФУ им. М.В. Ломоносова. E-mail: u.polovinkina@narfu.ru.

Хромцов Максим Алексеевич, магистрант кафедры высшей и прикладной математики САФУ им. М.В. Ломоносова. E-mail: khromtsov.maksim.a@gmail.com.

УДК 004.056.5

Попов Б.Д., Овчинникова В.В., Фёдоров Ю.И.

АСИМПТОТИКА СРЕДНЕГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗАПРОСОВ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В работе для математической динамической модели, предложенной авторами для оценки количества запросов к информационной системе и представленной нелинейным интегро-дифференциальным уравнением, найдено асимптотическое поведение среднего интегрального значения этой величины.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационные системы, математическая динамическая модель, нелинейное интегро-дифференциальное уравнение.

Popov B.D., Ovchinnikova V.V., Fedorov Yu.I.

ASYMPTOTICS OF THE AVERAGE INTEGRAL VALUE OF THE NUMBER OF REQUESTS TO AN INFORMATION SYSTEM IN A MATHEMATICAL DYNAMIC MODEL

In the work for the mathematical dynamic model proposed by the authors to estimate the number of requests to the information system and represented by a nonlinear integra-differential equation, the asymptotic behavior of the average integral value of this value is found.

Keywords: information security, information systems, mathematical dynamic model, nonlinear integra-differential equation.