

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПАТОЛОГИЙ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ОРТОДОНТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ СООТНОШЕНИЯ ЗУБНЫХ ДУГ

© 2013 Е.Г. Даньшина, Е.Н. Коровин

Воронежский государственный технический университет

В статье представлены результаты разработки алгоритма диагностики ортодонтических патологий на основе применения ортодонтических индексов соотношения зубных дуг с учетом особенностей формирования прикуса, а также представлена продукционная модель дифференциации аномалий зубочелюстной системы, основанная на сетях Петри

Ключевые слова: ортодонтические патологии, прикус, зубные дуги, ортодонтические индексы

АКТУАЛЬНОСТЬ

Наиболее значимой и актуальной задачей современной ортодонтии является решение проблем диагностики зубочелюстных аномалий, как этапа планирования ортодонтического лечения.

Для выявления нарушений размеров отдельных зубов необходимо произвести сравнение измеренных значений со стандартными значениями средних размеров молочных и постоянных зубов. Недостатком данного метода является его достаточно высокая трудоемкость, а также вероятность возникновения ошибок из-за неточности врача. Очевидно, что для достижения этой цели необходимо использовать совокупные методы и критерии, позволяющие с большей достоверностью выявить степень патологии.

На сегодняшний день ортодонтические патологии встречаются у 50% детей и 30 % подростков и взрослых. Это объясняется, во-первых, множеством вызывающих их причин и факторов, во-вторых, спецификой механизма их развития и, в-третьих, индивидуальными особенностями организма.

Ранняя диагностика зубочелюстных аномалий и их своевременное лечение предупреждают стойкие нарушения прикуса и изменение лица, а также общие расстройства организма.

Для качественной полной диагностики и составления плана лечения в ортодонтии необходимо точно определять границы колебаний нормальных значений размеров зубов и зубных рядов. Наиболее распространенные, средние варианты принимаются за норму, а крайние варианты считаются аномалиями. Показателями аномалий служат относительные величины, или индексы.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

В исследовании планировалось изучить эффективность использования ортодонтических индексов для дифференциации зубочелю-

стных аномалий, а также степени выраженности патологии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализировав современные научные труды по проблемам ортодонтии, был разработан представленный на рис. 1а, 1б, 1в алгоритм диагностики зубочелюстных аномалий, включающий в себя следующий этапы: определение типа прикуса, измерение размеров зубных рядов и их взаимоотношения, определение симметричности зубных рядов, измерение апикального базиса, определение направленности патологии прикуса.

Взаимоотношение размеров постоянных резцов верхней и нижней челюстей определяют по индексу Тонна (Тонп).

Согласно Тонну между суммой ширины постоянных резцов верхней S и нижней s_1 челюстей существует корреляция. Величина индекса составляет $1 : 0,74$, включая корректирующий коэффициент k .

$k=0,4$ при $S < 22,2$ мм

$k=0,5$ при $22,2 \text{ мм} < S < 28,1 \text{ мм}$

$k=0,6$ при $S > 28,1 \text{ мм}$

$$S = s_1 \cdot \frac{4}{3} + k \quad (1)$$

где k - корректирующий коэффициент.

S - сумма ширины постоянных резцов верхней челюсти.

s_1 - сумма ширины постоянных резцов нижней челюсти.

Индекс Пона используется для определения патологии зубных рядов в трансверзальной плоскости. В основу метода положена определенная зависимость между поперечными размерами коронок четырех верхних резцов и шириной зубных рядов в области премоляров и моляров.

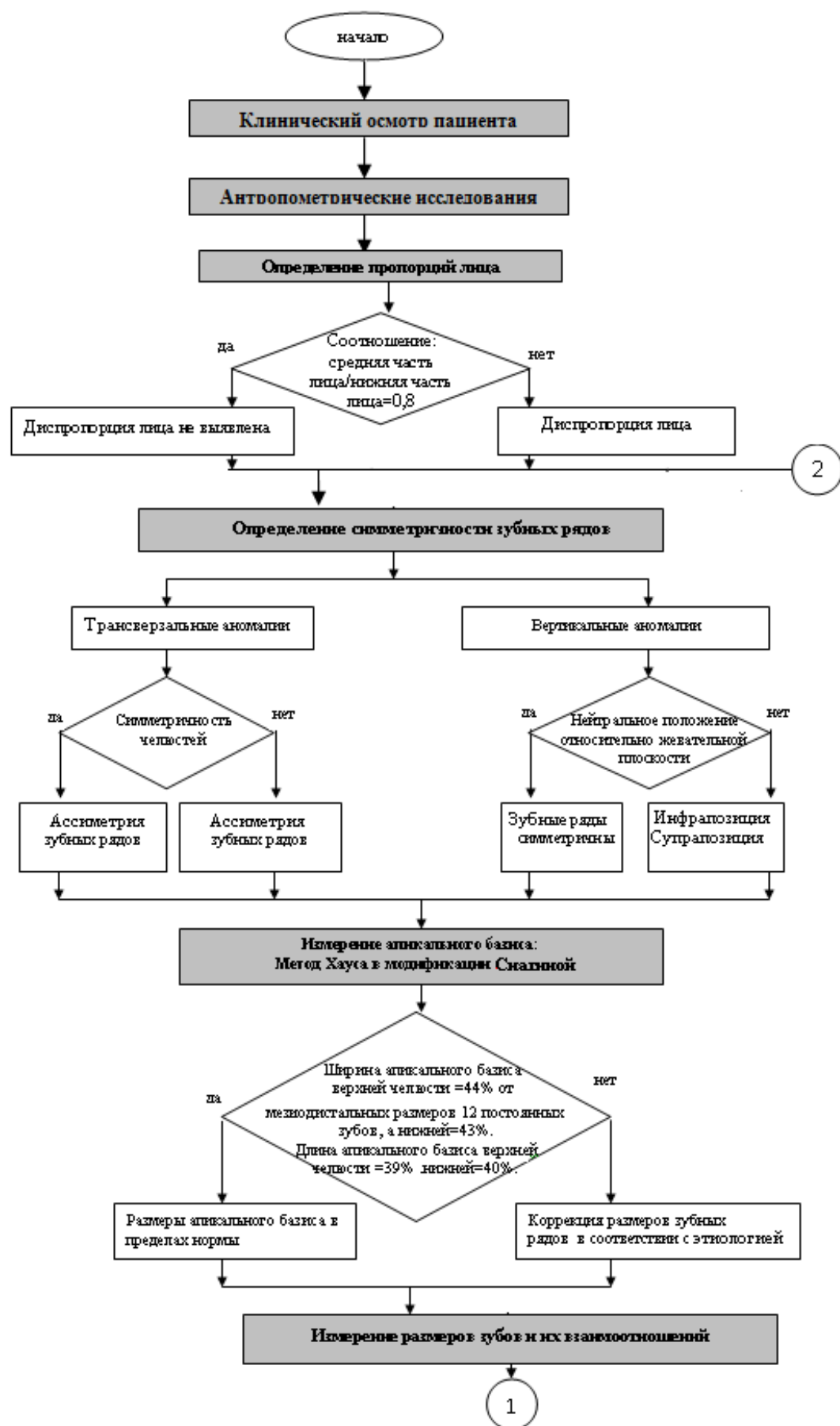


Рис. 1а. Алгоритм диагностики ортодонтических патологий

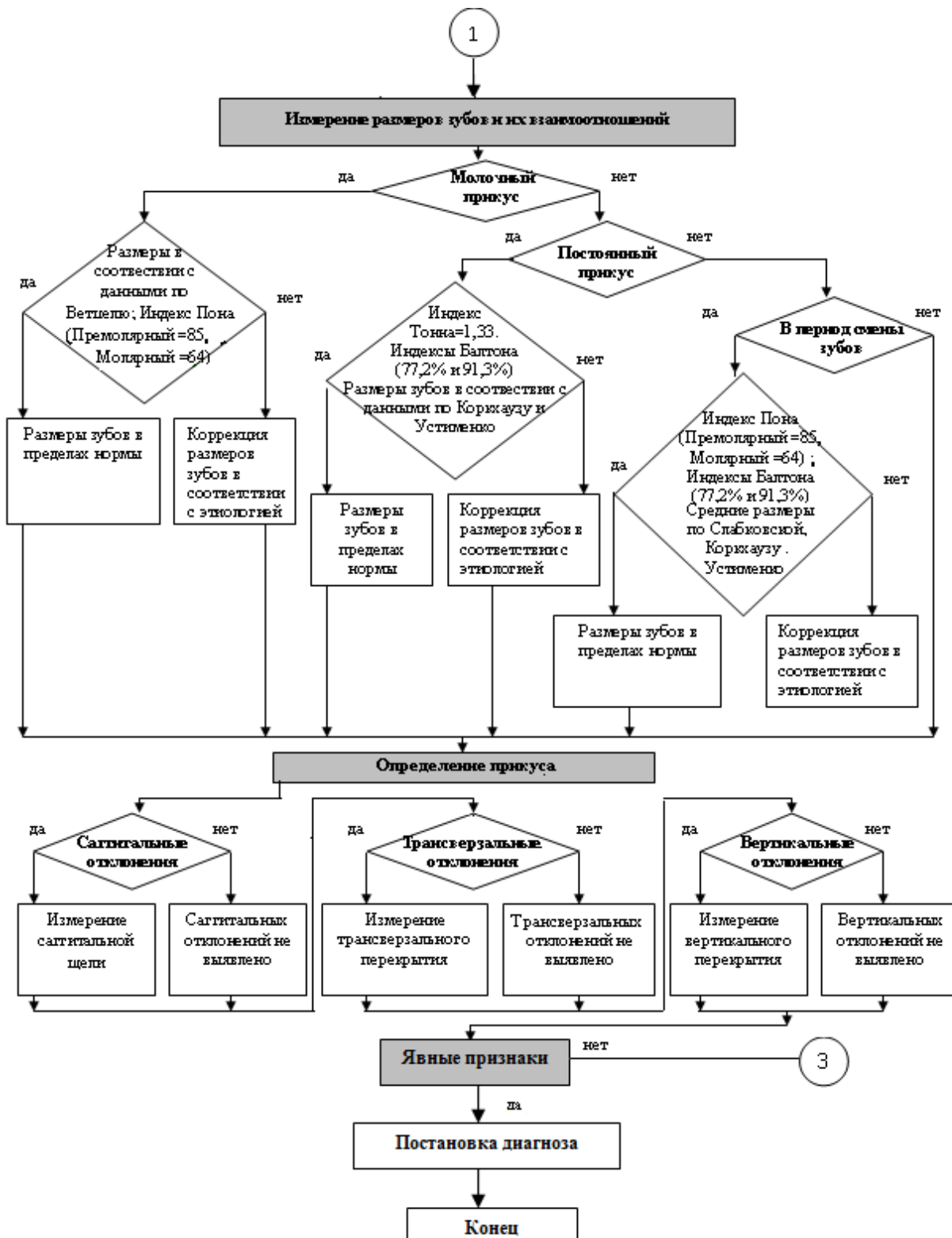


Рис. 16. Алгоритм диагностики ортодонтических патологий

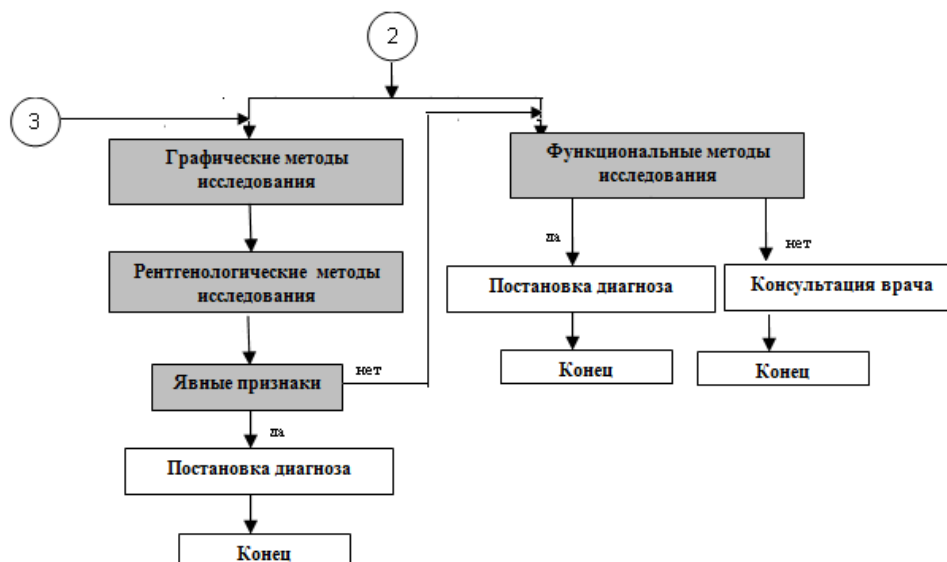


Рис. 1в. Алгоритм диагностики ортодонтических патологий

Индексы представляют собой соотношения между шириной верхних резцов и трансверзальным расстоянием зубной дуги на высоте первых премоляров (премолярный индекс) и на высоте первых моляров (молярный индекс) соответственно.

$$P_1 = \frac{X}{Y_1} \cdot 100 = 85, P_2 = \frac{X}{Y_2} \cdot 100 = 65 \quad (2)$$

где P_1 -премолярный индекс, P_2 -молярный индекс, X - сумма поперечных размеров 4-х верхних резцов (мм), Y_1 -расстояние между премолярами (мм), Y_2 -расстояние между молярами (мм).

Индекс Коркхауза применяется для определения саггитальных размеров зубных рядов. В основу метода положена зависимость между суммой поперечных размеров 4-х верхних резцов и длиной переднего участка нижней и верхней зубной дуги.

$$K_1 = \frac{Y_3}{X} \cdot 100 = 58, K_2 = \frac{Y_4}{X} \cdot 100 = 52 \quad (3)$$

где K_1 - верхний индекс, K_2 - нижний индекс, X - сумма поперечных размеров 4-х верхних резцов (мм), Y_3 - длина верхнего отрезка зубного ряда в области первых премоляров (мм), Y_4 - длина нижнего отрезка зубного ряда в области первых премоляров (мм).

Апикальный базис - это условная линия, проходящая на уровне вершук корней зубов на верхней и нижней челюстях. Размеры апикального базиса изучают в трансверсальном (ширина) и саггитальном (длина) направлениях по методу Хауса (Haus) в модификации Н.Г. Снагиной.

Ширину апикального базиса верхней челюсти определяют на гипсовой модели по прямой между наиболее глубокими точками в области углубления между верхушками клыков и первых премоляров.

$$K_1 = \frac{X}{Z_1} \cdot 100, K_2 = \frac{Y}{Z_2} \cdot 100 \quad (4)$$

где K_1 - верхний индекс, K_2 - нижний индекс, X - ширина апикального базиса верхней челюсти (мм), Y - ширина апикального базиса нижней челюсти (мм), Z_1 - суммы мезиодистальных размеров 12 постоянных зубов верхней челюсти (мм), Z_2 - суммы мезиодистальных размеров 12 постоянных зубов нижней челюсти (мм).

Длину апикального базиса измеряют на верхней челюсти от места пересечения срединного небного шва с линией, соединяющей центральные резцы в области шеек с небной поверхностью по срединному небному шву до линии, соединяющей дистальные поверхности первых постоянных моляров. На нижней челюсти от передней поверхности режущих краев центральных резцов по перпендикуляру до пересечения с линией, соединяющей дистальные поверхности первых постоянных моляров.

$$K_3 = \frac{X_1}{Z_1} \cdot 100, K_4 = \frac{Y_1}{Z_2} \cdot 100 \quad (5)$$

где K_1 - верхний индекс, K_2 - нижний индекс, X - ширина апикального базиса верхней челюсти (мм), Y - ширина апикального базиса нижней челюсти (мм), X_1 - длина апикального базиса верхней челюсти (мм), Y_1 - длина апикального базиса нижней челюсти (мм).

В норме ширина апикального базиса верхней челюсти (X) составляет 44 %, нижней (Y) — 43 %, от суммы мезиодистальных размеров 12 постоянных зубов каждой челюсти, а длина апикального базиса верхней челюсти (X₁) составляет 39 %, нижней (Y₁) — 40 %, от суммы мезиодистальных размеров 12 постоянных зубов каждой челюсти.

Индексы Балтона используются для определения несоответствия соотношения ширины верхней и нижней зубных дуг в постоянном прикусе.

1) Индекс «anterior ratio»

Индекс для определения соотношения мезиодистальной суммы ширины резцов и клыков.

$$K_1 = \frac{S}{s_1} \cdot 100 \quad (6)$$

где S-мезиодистальная сумма ширины резцов и клыков верхней челюсти s₁- мезиодистальная сумма ширины резцов и клыков нижней челюсти. В норме K₁=77,2%±0,22.

2) Индекс «overall ratio»

Индекс для определения соотношения всех зубов обеих дуг от первого моляра к первому моляру.

$$K_2 = \frac{X}{x_1} \cdot 100 \quad (7)$$

где X - мезиодистальная сумма ширины 12 зубов верхней челюсти x₁- мезиодистальная сумма ширины 12 зубов нижней челюсти.

В норме индекс K₂=91,3%±0,26.

Совокупность ортодонтических индексов легла в основу диагностического алгоритма, представленного на рис.1.

Рассматриваемый алгоритм предполагает выявление аномалий размеров зубных рядов, аномалии размеров отдельных зубов, а также определять тип аномалии окклюзии в переднем и боковых отделах зубных рядов в сагиттальном, вертикальном и трансверзальном направлениях с указанием ее обусловленности, на основе данных, полученных путем измерения размеров зубов на гипсовых моделях, а также расчета соотношения зубных дуг.

Работа алгоритма была смоделирована на основе технологий сетей Петри, предполагающих моделирование на событийном уровне. Были определены, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям и какие состояния примет система после выполнения действия. Выполнения событийной модели в сетях Петри описывает поведение системы. Анализ результатов выполнения может сказать о том, в каких состояниях пребывала или не пребывала система, какие

состояния в принципе не достижимы. Сеть Петри описывается множеством позиций В (состояний в которых пребывает система, клинические признаки), множество переходов D (совокупность методов диагностики), а также входных и выходных функций, описывающих взаимосвязь состояний системы.

Принцип работы сети Петри заключается в следующем: при моделировании в сетях Петри позиции символизируют какое-либо состояние системы, а переход символизируют какие-то действия, происходящие в системе. Система, находясь в каком-то состоянии, может породить определенные действия, и наоборот, выполнение какого-то действия переводит систему из одного состояния в другое.

Текущее состояние системы определяет маркировка сети Петри, т.е. расположение меток (токенов) в местах сети. Выполнение действия в системе, в сетях Петри определяется как срабатывание переходов. Срабатывание переходов порождает новую маркировку, т.е. порождает новое размещение меток (токенов) в сети. Определим функционирование маркированных сетей, основанное на срабатывании отдельных переходов. Переход считается возбужденным при некоторой маркировке, если в каждом его входном месте имеется количество меток не менее кратности соответствующих дуг. Возбужденный переход может сработать, причем при срабатывании из каждого его входного места изымается, а в каждое входное добавляется некоторое количество меток, равное кратности соответствующих дуг. Если одновременно возбуждено несколько переходов, сработать может любой из них или любая их комбинация.

Сеть Петри представлена в виде совокупности множеств

$$N = (d, b, I, O, \Delta t, \delta, K, \mu_0) \quad (8)$$

где d - множество переходов (методик), которые могут возникнуть в процессе диагностики;

b - множество позиций (классификационных признаков заболеваний), каждое из которых соответствует определенному подмножеству переходов (методик) в качестве условий (признаков заболеваний) выполнения той или иной методики;

Δt - интервал времени имитации;

t, p - функции состояния переходов и позиций сети;

K - множество времен окончания обработки переходов (методик), возбужденных (проводимых) в текущий момент времени;

μ_0 - начальная маркировка модифицированной сети Петри.

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ...

Разработанный алгоритм диагностики ортодонтических патологий явился основой продукционной модели, базирующейся на сети

Петри, представленной на рис.2, функциональные назначения условий и переходов указаны в табл. 1. и табл. 2 соответственно.

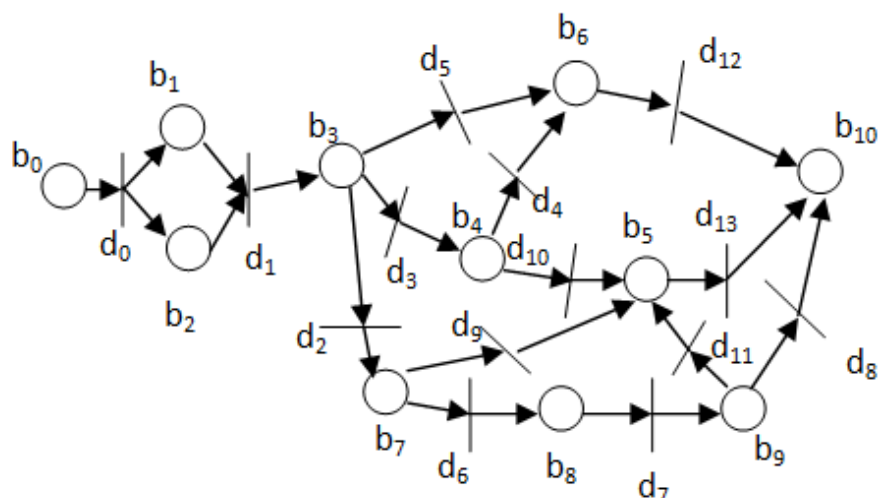


Рис. 2. Продукционная модель диагностики ортодонтических патологий

Таблица 1

Функциональные назначения позиций

Наименование позиции (события)	Функциональное значение позиции (события)
b_0	Начало процесса диагностики ортодонтических патологий
b_1	Клинический осмотр пациента
b_2	Антропометрические исследования
b_3	Общие инструментальные методы диагностики, включая создание гипсовой модели зубочелюстной системы
b_4	Графические методы исследования
b_5	Рентгенологические методы исследования
b_6	Функциональные методы исследования
b_7	Измерение размеров зубов, зубных рядов, апикального базиса
b_8	Расчет ортодонтических индексов
b_9	Выявление пространственных отклонений в соотношении зубных рядов
b_{10}	Анализ симптомов и постановка диагноза

Таблица 2

Входные и выходные функции переходов

Входные позиции	Выходные позиции
$I(d_0) = \{b_0\},$	$O(d_0) = \{b_1, b_2\},$
$I(d_1) = \{b_1, b_2\},$	$O(d_1) = \{b_3\},$
$I(d_2) = \{b_1\},$	$O(d_2) = \{b_7\},$
$I(d_3) = \{b_3\},$	$O(d_3) = \{b_4\},$
$I(d_4) = \{b_4\},$	$O(d_4) = \{b_6\},$
$I(d_5) = \{b_3\},$	$O(d_5) = \{b_6\},$
$I(d_6) = \{b_7\},$	$O(d_6) = \{b_8\},$
$I(d_7) = \{b_8\},$	$O(d_7) = \{b_9\},$
$I(d_8) = \{b_9\},$	$O(d_8) = \{b_{10}\},$
$I(d_9) = \{b_7\},$	$O(d_9) = \{b_5\},$
$I(d_{10}) = \{b_4\},$	$O(d_{10}) = \{b_5\},$
$I(d_{11}) = \{b_9\},$	$O(d_{11}) = \{b_5\},$
$I(d_{12}) = \{b_6\},$	$O(d_{12}) = \{b_{10}\},$
$I(d_{13}) = \{b_5\},$	$O(d_{13}) = \{b_{10}\},$

Таблица 3

Входные и выходные функции позиций

Входные позиции	Выходные позиции
$I(b_0) = \{-\},$	$O(b_0) = \{d_0\},$
$I(b_1) = \{d_0\},$	$O(b_1) = \{d_1\},$
$I(b_2) = \{d_0\},$	$O(b_2) = \{d_1\},$
$I(b_3) = \{d_1\},$	$O(b_3) = \{d_2, d_3, d_5\},$
$I(b_4) = \{d_3\},$	$O(b_4) = \{d_4, d_{10}\},$
$I(b_5) = \{d_9, d_{10}\},$	$O(b_5) = \{d_{13}\},$
$I(b_6) = \{d_4, d_5\},$	$O(b_6) = \{d_{12}\},$
$I(b_7) = \{d_2\},$	$O(b_7) = \{d_6, d_9\},$
$I(b_8) = \{d_6\},$	$O(b_8) = \{d_7\},$
$I(b_9) = \{d_7\},$	$O(b_9) = \{d_8, d_{11}\},$
$I(b_{10}) = \{d_8, d_{12}, d_{13}\},$	$O(b_{10}) = \{-\},$

$B = \langle b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10} \rangle,$

$D = \langle d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}, d_{13} \rangle$

В табл. 2 представлены входные и выходные позиции. В табл. 3 представлены входные и выходные функции переходов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В качестве исходных данных были рассмотрены клинические признаки ортодонтических патологий у пациента с постоянным прикусом. На рис. 3 представлена начальная маркировка сети Петри.

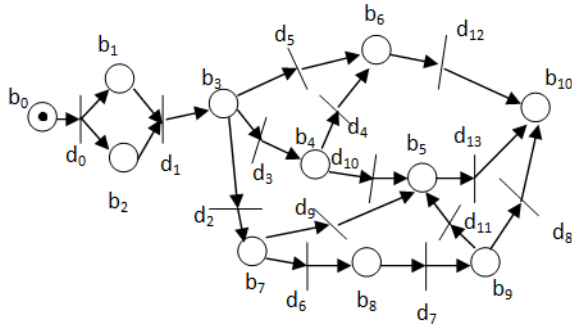


Рис. 3. Начальная маркировка модели

Начальная маркировка схемы $M_0 = \{1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, представлена в соответствии с рис. 3. При такой разметке единственным готовым к срабатыванию является переход d_0 . Его срабатывание ведет к смене разметки $M_0 \xrightarrow{d_0} M_1$, где $M_1 = \{0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$.

При разметке M_2 возможно срабатывание переходов d_2 и d_3 и d_4 . В зависимости от того, какой переход сработает, получим $M_2^2 = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0\}$, или $M_2^3 = \{0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0\}$ или же $M_2^5 = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0\}$.

Данная сеть построена таким образом, что какие бы переходы не срабатывали, в итоге получится маркировка

$M_n = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1\}$, то есть последним будет событие b_{10} – постановка диагноза. Итоговая маркировка системы представлена на рис. 4.

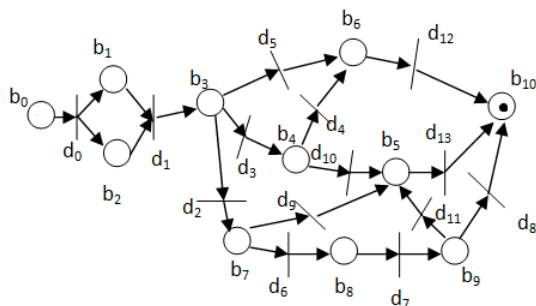


Рис. 4. Итоговая маркировка модели

ВЫВОДЫ

1. Рассмотренные ортодонтические индексы являются эффективным средством дифференцирования различных степеней ортодонтических патологий. Так, согласно Тонну между суммой ширины постоянных резцов верхней S

и нижней s_1 челюстей существует корреляция. Величина индекса составляет $1 : 0,74$, включая корректирующий коэффициент k . При расчете Индекса Коркхауза для определения связи между суммой поперечных размеров 4-х верхних резцов и длиной переднего участка нижней и верхней зубной дуги, выявленные отклонения от стандартных значений показателя возможна аномалия, обусловленная недоразвитием или чрезмерным развитием переднего участка челюстей, вестибулярным отклонением или наклоном передних зубов в сторону нёба.

2. Согласно результатам, полученным после измерения и расчета соотношения зубных рядов в апикальном базисе со стандартными, можно сделать вывод о степени сужения зубных рядов. Сужение апикального базиса может быть двух степеней тяжести:

для верхней челюсти – I степень – от 42 до 39%, II степень – от 39 до 32%;

для нижней челюсти – I степень – от 41 до 38%, II степень – от 38 до 34%.

При первой степени – достаточно расширить зубной ряд, а при второй степени может быть показание к уменьшению зубной дуги за счет удаления отдельных зубов из-за несоответствия ее ширины и апикального базиса.

3. В случае постоянного прикуса использование индекса Балтона может служить критерием для определения зубочелюстных аномалий, обусловленных право или левосторонней асимметрией мезиодистальной величины зуба, либо ротации зубов, образования промежутков, скученности и нарушений фиссурно-бугоркового контакта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маннанова Ф.Ф. Диагностика и планирование лечения детей при тесном положении зубов верхней челюсти/Ф.Ф.Маннанова, М.В.Галиуллина//Сборник статей научно-практической конференции стоматологов РБ.– Уфа, 2005.

2. Чернявский Т.А. Биометрические изменения зубных рядов у пациентов с трансверсальными аномалиями окклюзии / Т.А. Чернявский, П.В.Ишмурзин // Пермский медицинский журнал, приложение «Актуальные вопросы медицины». – Пермь, 2006. – Т.23. Данилова М.А. Планирование лечения аномалий зубных рядов на основании структурно-функциональных характеристик твердых тканей зубов и пародонта – Пермь, 2007.

3. Аболмосов Н.Г., Аболмосов Н.Н. Ортодонтия.- МЕДпресс-информ, 2008- 426 с.

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ...

4. Куцевляк В.И. Ортодонтия. Учебное пособие для студентов стоматологического факультета, врачей-интернов.- Харьков. ХГМУ, 2005 - 464 с.

5. Олейник Е.А. Скученное положение зубов - область повышенного риска развития основных стоматологических заболеваний / Е.А.Олейник // Институт стоматологии. – 2007.

6. Коровин Е.Н., Рябов А.Н., Сущенко А.В. Методика интеллектуальной поддержки процесса диагностики и лечения зубочелюстных аномалий на основе многовариантного моделирования // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т.8. № 2. С. 298-300.

7. Коровин Е.Н., Родионов О.В., Рябов А.Н. Разработка информационно-программного обеспечения системы диагностики и лечения зубочелюстных аномалий на основе статистического моделирования и адаптивных алгоритмов // Вестник Воронежского государственного университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 143-146.

8. Персин Л. С. Ортодонтия. Лечение зубочелюстных аномалий. - Москва: Медицина, 2007. — 297 с.

9. Уильям Р. Профит Современная ортодонтия. Перевод с английского под редакцией члена-корреспондента РАМН, профессора Л.С.Персина. Москва «МЕДпресс-информ» .2006.

10. Anthony D. Viazis-Atlas of advanced orthodontics: a guide to clinical efficiency. Атлас передовой ортодонтии: руководство по клинической эффективности. Издательство: W.B. Saunders Company, 2003.- 254 с.

11. Интеллектуализация управления процессами диагностики и лечения в стоматологии: монография / О.В. Байбакова, Е.М. Елизарова, Е.Н. Коровин, А.Н. Рябов, А.В. Сущенко. Воронеж: ВГТУ, ВГМА, 2012. 177 с.

12. Новикова Е.И., Родионов О.В., Коровин Е.Н. Моделирование биомедицинских систем. Воронеж: ВГТУ. 2008. 196 с.

DEVELOPMENT MODEL OF DIFFERENTIATION ORTHODONTIC PATHOLOGIES ON THE BASIS OF CALCULATION ORTHODONTIC INDEXES OF THE TOOTH ARCHES RATIO

E.G. Danshina, E.N. Korovin

Voronezh State Technical University

In this work the results of development the orthodontic pathologies diagnostics algorithm on the basis of application orthodontic indexes of thre tooth arches ratio, taking into account features of formation of a bite, and also were presented the model of differentiation ortodontic anomalies, based on Petri networks

Key words: orthodontic pathologies, bite, tooth arches, orthodontic indexes