МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
____________О.Г. Локтионова
«17»01__________2022 г.

ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЕРВИСНЫХ РОБОТОВ

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Курск 2022

УДК 621

Составители: Е.Н. Политов, В.В. Бартенев

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент П.А. Безмен

Основы системного анализа сервисных роботов: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Н. Политов, В.В. Бартенев. Курск, 2022. 23 с.: ил. 2.

Методические указания содержат сведения по выполнению лабораторных работ по системному анализу. Приведено описание лабораторных работ, общие теоретические сведения и ход выполнения работы.

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта.

Предназначены для студентов направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. ____. Уч.-изд.л. 1,3 Тираж 20 экз. Заказ 319 Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

Лабораторная работа №1

Исследование систем на базе анализа структурных матриц

Цель работы

1. Исследование структуры системы методами анализа структурных матриц, отображающих описание системы и связей между ее элементами.
2. Подготовка исходной информации для расчета обобщенных структурно-топологических характеристик системы.

Задание

1. По полученным вариантам задания рассчитать матрицы:
   - смежности,
   - инцидентности,
   - степенные,
   - достижимости,
   - расстояний,
   - обходных расстояний,
   - суммарных чисел маршрутов,
   - циклов,
   - путей,
   - разрезов.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание работы

Расчет матриц

Матрица смежности

В матрице смежности M_c, которая имеет порядок, равный числу вершин графа n, строки и столбцы соответствуют вершинам графа, элемент a_{ij} этой матрицы принимает значение 1, если вершина x_i

непосредственно связана с вершиной x_j ориентированным ребром, и значение 0 — в противном случае.

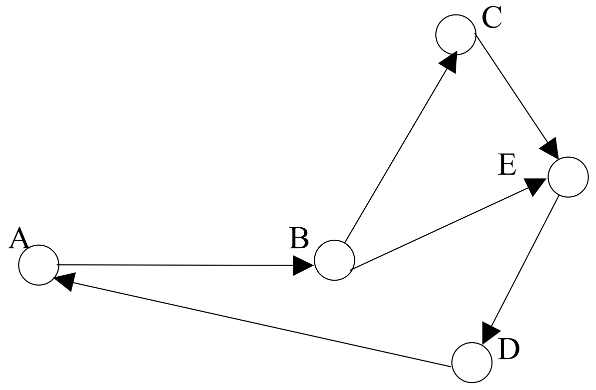

Рис. 1. Граф

M_c=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0

Матрица инцидентности

В матрице инцидентности $M_и$ элемент a_{ij} принимает значение 0, если вершина x_j не инцидентна дуге A_i, принимает значение 1, если A_i выходит из вершины x_j и принимает значение –1, если эта дуга входит в x_j.

$M_{и=}$

№\№	1,2	2,3	2,5	3,5	5,4	4,1
1	1	0	0	0	0	-1
2	-1	1	1	0	0	0
3	0	-1	0	1	0	0
4	0	0	0	0	-1	1
5	0	0	-1	-1	1	0

Степенная матрица

Пусть M_c — матрица смежности некоторого ориентированного n-вершинного графа. Рассмотрим последовательность матриц $M_C^0, M_C^1 = M_C, M_C^2, ..., M_C^n$, где M_C^0 — единичная матрица, а любая степенная матрица M_C^l есть результат последовательного умножения l раз $M_C \otimes M_C \otimes ... \otimes M_C^0$ по правилам булевой арифметики. На основе доказательства соответствующей теоремы нетрудно установить следующее свойство элементов $a_{ij}^{(l)}$ степенной матрицы M_C^l: $a_{ij}^{(l)} = 1$ тогда и только тогда, когда существует хотя бы один ориентированный маршрут длины l из x_i и x_j.

l=4

№\№	1	2	3	4	5
1	1	0	0	1	0
2	1	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	1
5	0	0	1	0	1

Матрица достижимости

Матрица достижимости $M_д$. Образуем следующую сумму матриц:

$$M^* = M_C^0 \oplus M_C \oplus ... M_C^{n-1} \oplus M_C^n$$

Элемент $a_{ij}^{д}$ данной матрицы отличен от нуля если существует хотя бы один маршрут длины от нуля до n из вершины x_i в вершину x_j. Очевидно, что если такие маршруты существуют, длина кратчайшего не может превышать n.

$M_д$=

№\№	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1

4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1

Матрица расстояний

Матрица расстояний M_p указывает на то, достижима ли вершина x_j из вершины x_i, и на то, какова длительность кратчайшего пути между этими вершинами, равного числу ребер, составляющих соответствующий маршрут. Элементы матрицы M_p могут быть определены указанным выше путем последовательного умножения матриц по булевым правилам и выявления на каждом l-м шаге таких элементов $a_{ij}^{(l)}$, для которых выполняется соотношение

$$\forall(k<l)\left(a_{ij}^{(k)}\right)\wedge a_{ij}^{(l)}=1.$$

Матрицы расстояний вычисляют обычно с помощью алгоритма Флойда.

1. Определяется матрица $D^{(б)}$ на основе замены всех нулевых

недиагональных элементов матрицы M_c порядка n элементами $d_{ij}=\infty$ и сохранения остальных элементов неизменными (предполагается, что граф не имеет петель и, следовательно диагональные элементы M_c нулевые).

2. Вычисляется последовательность матриц $D^{(1)},D^{(2)},..,D^{(n)}$ с использованием следующего рекуррентного соотношения для перехода от элементов матрицы $D^{(m-1)}$ к элементам матрицы $D^{(m)}$:

$$d_{ij}^{(m)}=\min\left\{d_{im}^{(m-1)}+d_{mj}^{(m-1)},d_{ij}^{(m-1)}\right\}$$

M_p=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	2	3	2
2	3	0	1	2	1
3	3	4	0	2	1
4	1	2	3	0	3
5	2	3	4	1	0

1. Матрица обходных расстояний

Матрица обходных расстояний $M_{об}$. Данная матрица есть матрица расстояний, соответствующая перемещениям из x_i в x_j по пути максимальной длительности. Для нахождения этой матрицы, так же как и рассматриваемых матриц циклов и разрезов, не существует эффективных алгоритмов. Данная задача является задачей экспоненциального переборного типа.

$M_{об.}$=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	2	4	3
2	4	0	1	3	2
3	3	4	0	2	1
4	1	2	3	0	4
5	2	3	4	1	0

2. Матрица суммарных чисел маршрутов

Матрица суммарных чисел маршрутов M_Σ. Если в выражении вычислить матрицы $M^{(0)}, M^{(1)}, M^{(2)}, ..., M^{(n)}$ по обычным, а не булевым правилам умножения, то для каждой такой матрицы элементы $a_{ij}^{(0)}, a_{ij}^{(1)}, a_{ij}^{(2)}, ..., a_{ij}^{(n)}$ оказываются равными числу ориентированных маршрутов из x_i в x_j, имеющих соответственно длительности 0,1,2,…,n, а матрица называется матрицей суммарных чисел маршрутов и обозначается M_Σ.

M_Σ=

№\№	1	2	3	4	5
1	3	2	1	2	2
2	2	3	2	2	3
3	1	1	2	1	2
4	2	1	1	3	2
5	1	1	1	2	3

3. Матрица циклов

Матрица циклов $M_ц$. Данная матрица вводится для графов, имеющих циклы. В матрице циклов каждая i-я строка соответствует циклу C_i, а каждый j-й столбец — ребру A_j. Элемент $a_{ij}^ц$ этой матрицы принимает значение 1, если дуга A_j входит в путь S_i и 0 — в противоположном случае.

$M_ц$=

№\№	1,2	2,3	2,5	3,5	5,4	4,1
1,1	1	1	0	1	1	1
1,1	1	0	1	0	1	1
2,2	1	1	0	1	1	1
2,2	1	0	1	0	1	1
3,3	1	1	0	1	1	1
4,4	1	1	0	1	1	1
4,4	1	0	1	0	1	1
5,5	1	1	0	1	1	1
5,5	1	0	1	0	1	1

4. Матрица путей

Матрица путей $M_п$. Данная матрица строится для путей ориентированного графа из некоторой вершины x_i, принимаемой в качестве начальной в другие вершины. Элемент $a_{ij}^{п}$ этой матрицы принимает значение 1, если дуга A_j входит в путь S_i и ноль в противоположном случае.

$M_п$=

№\№	1,2	2,3	2,5	3,5	5,4	4,1
1,1	1	1	0	1	1	1
1,1	1	0	1	0	1	1
1,2	1	0	0	0	0	0
1,3	1	1	0	0	0	0
1,4	1	1	0	1	1	0
1,4	1	0	1	0	1	0
1,5	1	1	0	1	0	0
1,5	1	0	1	0	0	0
2,1	0	1	0	1	1	1
2,1	0	0	1	0	1	1
2,2	1	1	0	1	1	1

2,2	1	0	1	0	1	1
2,3	0	1	0	0	0	0
2,3	1	1	1	0	1	1
2,4	0	1	0	1	1	0
2,4	0	0	1	0	1	0
2,5	0	1	0	1	0	0
2,5	0	0	1	0	0	0
3,1	0	0	0	1	1	1
3,2	1	0	0	1	1	1
3,3	1	1	0	1	1	1
3,4	0	0	0	1	1	0
3,5	0	0	0	1	0	0
4,1	0	0	0	0	0	1
4,2	1	0	0	0	0	1
4,3	1	1	0	0	0	1
4,4	1	1	0	1	1	1
4,4	1	0	1	0	1	1
4,5	1	1	0	1	0	1
4,5	1	0	1	0	0	1
5,1	0	0	0	0	1	1
5,2	1	0	0	0	1	1
5,3	1	1	0	0	1	1
5,4	0	0	0	0	1	0
5,5	1	1	0	1	1	1
5,5	1	0	1	0	1	1

5. Матрица разрезов

Матрица разрезов $M_{раз}$. Введем матрицу простых разрезов $M_{раз}$. Она подобна матрице циклов. Каждая i-я строка этой матрицы соответствует Q_i-му разрезу, а каждый j-й столбец — дуге A_j. Элемент $a_{ij}^{раз}$ этой матрицы принимает значение 1, если A_j входит в разрез. (Для нахождения конкретного разреза для какой-либо вершины либо группы вершин в разрез выбираются те дуги, которые связывают эти вершины с остальным графом).

$M_{раз}$=

№\№	1,2	2,3	2,5	3,5	5,4	4,1
1	1	0	0	0	0	1
2	1	1	1	0	0	0
3	0	1	0	1	0	0
4	0	0	0	0	1	1
5	0	0	1	1	1	0
1,2	0	1	1	0	0	1
1,3	1	1	0	1	0	1
1,4	1	0	0	0	1	0
1,5	1	0	1	1	1	1
2,3	1	0	1	1	0	0
2,4	1	1	1	0	1	1
2,5	1	1	0	1	1	0
3,4	0	1	0	1	1	1
3,5	0	1	1	0	1	0
4,5	0	0	1	1	0	1
1,2,3	0	0	1	1	0	1
1,2,4	0	1	1	0	1	0
1,2,5	0	1	0	1	1	1
1,3,4	1	1	0	1	1	0
1,3,5	1	1	1	0	1	1
1,4,5	1	0	1	1	0	0
2,3,4	1	0	1	1	1	1
2,3,5	1	0	0	0	1	0
2,4,5	1	1	0	1	0	1
3,4,5	0	1	1	0	0	1

Выводы:

Методом анализа структурных матриц проведено исследование структуры абстрактной системы и подготовлена исходная информация для расчета ее обобщенных структурно-топологических характеристик.

Контрольные вопросы

1. Что включает в себя понятие структурный анализ?
2. Охарактеризовать матрицы смежности, инцидентности, достижимости.
3. Привести примеры систем, формализацию которых удобно осуществлять на базе математического формализма ориентированных графов.
4. В чем преимущество матрицы расстояний по сравнению с матрицей достижимости?

Лабораторная работа №2

Расчет структурно-топологических характеристик систем

Цель работы

С использованием данных структурных матриц выполнить расчет структурно-топологических характеристик связности, достижимости, компактности, централизованности и сложности рассматриваемой системы.

Задание

1. Рассчитать обобщенные структурно-топологические характеристики системы, рассмотренной в лабораторной работе №1, используя результаты, полученные для соответствующего графа.

Рассчитать следующие характеристики:

1. Характеристики связности.
2. Характеристики достижимости.
3. Характеристики компактности.
4. Характеристики централизованности.
5. Характеристики сложности.

2. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание работы

Расчет характеристик

1. Характеристики связности.

Для ориентированного графа показатель связности $\gamma_{св}$ может быть определен как отношение суммы полустепеней исхода (или захода) вершин, равной сумме элементов матрицы смежности, к n-1:

$$\gamma_{си} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\rho_i^{\sigma} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{c}$$

M_c=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1
3	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0

$$\gamma_{св} = \frac{1}{5-1}(0+1+0+0+0+0+0+1+0+1+0+0+0+0+1+1+0+0+0+0+0+0+0+1+0) = \frac{6}{4} = 1{,}5$$

Минимальная величина $\gamma_{св}$ для связного графа равна 1. Максимально возможная его величина для полного графа, имеющего n(n–1) ребер (дуг), равна n. В литературе вместо $\gamma_{св}$ часто используется величина $\alpha = \gamma_{св} - 1$, интерпретируемая как показатель избыточности.

$\alpha = \gamma_{св} - 1$

α = 1,5–1=0,5

Показатель вершинной связности и реберной связности — минимальные числа вершин χ и ребер λ, удаление которых превращают граф в несвязный. Величина λ может быть определена как минимальная из сумм элементов строк матрицы разрезов $M_{РАЗ}$:

$$\lambda = \min_i \left\{ \sum_j a_{ij}^{раз} \right\}.$$

$M_{раз}$=

№\№	1,2	2,3	2,5	3,5	5,4	4,1
1	1	0	0	0	0	1
2	1	1	1	0	0	0
3	0	1	0	1	0	0
4	0	0	0	0	1	1
5	0	0	1	1	1	0
1,2	0	1	1	0	0	1
1,3	1	1	0	1	0	1
1,4	1	0	0	0	1	0
1,5	1	0	1	1	1	1
2,3	1	0	1	1	0	0

2,4	1	1	1	0	1	1
2,5	1	1	0	1	1	0
3,4	0	1	0	1	1	1
3,5	0	1	1	0	1	0
4,5	0	0	1	1	0	1
1,2,3	0	0	1	1	0	1
1,2,4	0	1	1	0	1	0
1,2,5	0	1	0	1	1	1
1,3,4	1	1	0	1	1	0
1,3,5	1	1	1	0	1	1
1,4,5	1	0	1	1	0	0
2,3,4	1	0	1	1	1	1
2,3,5	1	0	0	0	1	0
2,4,5	1	1	0	1	0	1
3,4,5	0	1	1	0	0	1

$\lambda = 2$

Характеристики достижимости

Коэффициент достижимости $\delta_Д$ определяется для ориентированных графов как отношение суммы всех элементов матрицы достижимости $M_Д$ к n^2:

$$\delta_Д = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{Д}$$

Максимальное значение этого коэффициента равно единице (все вершины достижимы).

$M_д$=

№\№	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1

$\delta_д = \frac{25}{5^2} = 1$

2. Характеристики компактности

На основе матрицы расстояний M_P определяются следующие характеристики графа: эксцентриситеты вершин графа, определяемые для каждой вершины графа x_i как наибольшее из кратчайших расстояний до других вершин - $\max_j\{a_{ij}^p\}$; радиус r(G) и диаметр графа d(G) - соответственно наименьший и наибольший из эксцентриситетов графа

$$r(G)=\min_i \max_j\{a_{ij}^p\},\ d(G)=\max_i \min_j\{a_{ij}^p\};$$

центральная вершина графа - вершина x_c, которой эксцентриситет равен радиусу (в общем случае такая вершина может быть неединственной); центр графа — множество центральных вершин.

Радиус графа и диаметр графа используется для характеристики компактности структуры. Чем эти величины меньше, тем структура компактнее.

M_p=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	2	3	2
2	3	0	1	2	1
3	3	4	0	2	1
4	1	2	3	0	3
5	2	3	4	1	0

Эксцентриситеты:
$e(x_1) = 3$
$e(x_2) = 3$
$e(x_3) = 4$
$e(x_4) = 3$
$e(x_5) = 4$

r(G) = 3
d(G) = 4

Центр: {1; 2; 4}

Интегральный показатель структурной компактности определяется как сумма всех элементов матрицы расстояний M_p (чем меньше этот показатель, тем структура компактнее):

$$Q = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{p},$$

Для полного графа $Q_п$= n(n-1). Принимая это во внимание, введем относительный показатель компактности:

$$\beta_k = \frac{Q}{Q_П}$$

M_p=

№\№	1	2	3	4	5
1	0	1	2	3	2
2	3	0	1	2	1
3	3	4	0	2	1
4	1	2	3	0	3
5	2	3	4	1	0

$$Q = 0+1+2+3+2+3+0+1+2+1+3+4+0+2+1+1+2+3+0+3+2+3+4+1+0 = 44$$

$$Q_n = 5(5-1) = 20$$

$$\beta_n = \frac{44}{20} = 2{,}2$$

3. Характеристики централизованности

Определение индекса центральности сводится к подсчету по матрице инцидентности $M_и$ суммарных чисел входящих и выходящих дуг для каждой вершины — суммы полу степеней исхода и захода $\rho^{\sigma}(x_i)+\rho^{\rho}(x_i)= v(x_i)$, (i=1,2,...,n); нахождению наибольшей из них $v(x_s)$, (вершина x_s может совпадать или не совпадать с центром графа), определению разностей между $v(x_s)$ и $v(x_i)$ (i=1,2,...,n, i≠s) и последующему суммированию этих разностей. Нетрудно подсчитать, что максимально возможное значение этой суммы будет 2(n-1)(n-2). Тогда индекс центральности определится следующим соотношением:

$$\nu = \frac{1}{2(n-1)(n-2)} \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq s}}^{n} [\, \nu(x_s) - \nu(x_i)]$$

$$\nu = \frac{1}{24}(1+0+1+1+0) = \frac{3}{24}$$

4. Характеристики сложности

Интегральный показатель S сложности структуры при отсутствии контуров в соответствующем ориентированном графе определяется как суммарное число всевозможных путей в этом графе, т.е. как сумма элементов матрицы суммарных чисел маршрутов M_Σ:

$$S = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{\Sigma} .$$

Относя эту величину к максимально возможному числу путей длительностью 1 в n-вершинном графе, получаем относительный показатель сложности μ:

$$\mu = \frac{1}{\mathrm{n}^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^{\Sigma}$$

Если граф имеет контуры, то суммарная величина диагональных элементов существенно превышает их число. Поэтому при подсчете по вышеприведенным формулам в случаях, когда элементы a_{ij}^{Σ} оказываются больше единицы, они принимаются равными единицы, но суммы увеличиваются на величину K, где K — число контуров в графе.

M_Σ=

№\№	1	2	3	4	5
1	3	2	1	2	2
2	2	3	2	2	3
3	1	1	2	1	2
4	2	1	1	3	2
5	1	1	1	2	3

Заменяем все диагональные элементы на 1.

№\№	1	2	3	4	5
1	1	2	1	2	2
2	2	1	2	2	3
3	1	1	1	1	2
4	2	1	1	1	2
5	1	1	1	2	1

K = 5

S = 37+5=42

$$\mu = \frac{42}{25} + 5 = 6,68$$

Вывод:

С использованием данных структурных матриц, был выполнен расчет структурно-топологических характеристик связности, достижимости, компактности, централизованности и сложности рассматриваемой системы.

Контрольные вопросы

1. Каким образом проводится анализ обобщенных структурно–топологических характеристик системы управления?
2. Что является главной составной частью анализа?
3. Перечислите характеристики связности, достижимости, компактности и сложности.

Лабораторная работа №3

Разработка функциональной модели производственного процесса на базе методологии IDEF0

Цель работы

Целью данной лабораторной работы является изучение основ технологии функционального моделирования стандарта IDEF0.

Задание

Используя программное приложение BPwin, построить IDEF0-модель простого производственного процесса (процесса изготовления детали) с уровнем детализации не менее 3.

Теоретическая часть

Модель IDEF0 представляет собой набор диаграмм с сопровождающей их документацией. Документация складывается из сопровождающих каждую диаграмму текста, словаря и, если необходимо, поясняющих диаграмм (FEO — for exhibition only).

Диаграмма верхнего уровня является наиболее общим описанием всей системы. Она показывает основную составляющую системы в виде блока. Компоненты каждого из блоков представляются на диаграммах более низкого уровня также в виде блоков. Этим блокам могут быть поставлены в соответствие более подробные диаграммы с требуемой степенью детализации. На каждом шаге детализации более общая диаграмма является исходной (родительской) для детальной.

Блоки представляют систему функций (действия, процессы), а стрелки — данные (информацию, предметы).

Стрелки, входящие и выходящие из блока верхнего уровня, являются точно теми же, что и стрелки на диаграмме нижнего уровня, т.к. блок и диаграмма представляют одну и ту же часть системы.

Блоки на диаграмме представляют функции. Они показывают, что должно выполняться, причем без идентификации каких-либо других аспектов, таких как потребность в каких-либо средствах для их осуществления. Наименование функций записываются внутри блока. Каждый блок нумеруется в порядке от 1 до 6.

Стрелки на диаграмме играют роль связей блоков с внешней средой. Возможны четыре места соединения стрелки с блоком:

1. входящие стрелки (слева и сверху блока) показывают данные, необходимые для выполнения функции;

2. выходные стрелки (справа и снизу блока) показывают данные, получаемые в результате выполнения функции.

Стрелка, входящая в блок сверху, (управление) описывает условия, которые управляют функцией. Стрелка, входящая в блок снизу, (механизм) обозначает либо человека, либо некоторое средство, выполняющее функцию. Вход (стрелка, входящая в блок слева) и выход (стрелка, выходящая из блока справа) показывают, какие преобразования осуществляет функция.

Стрелки на диаграмме IDEF0 означают ограничения, задаваемые данными. Блок, получающий данные, ограничен в том смысле, что функция не может быть выполнена, пока не будут получены данные, производимые другими блоками.

Дополнительные обозначения необходимы для структуризации диаграмм. Для создания модели, состоящей из диаграмм, текстов, словарей и диаграмм FEO необходимо:

1. показать положение каждой диаграммы в модели и поддерживающую документацию с помощью ссылочных выражений;

2. определить связь пограничных стрелок со стрелками исходной диаграммы (это делается с помощью кодов ICOM);

3. предотвратить ненужную детализацию (это делается с помощью так называемых «туннельных стрелок»).

Содержание работы

Построим дерево узлов процесса изготовления воротка для метчиков.

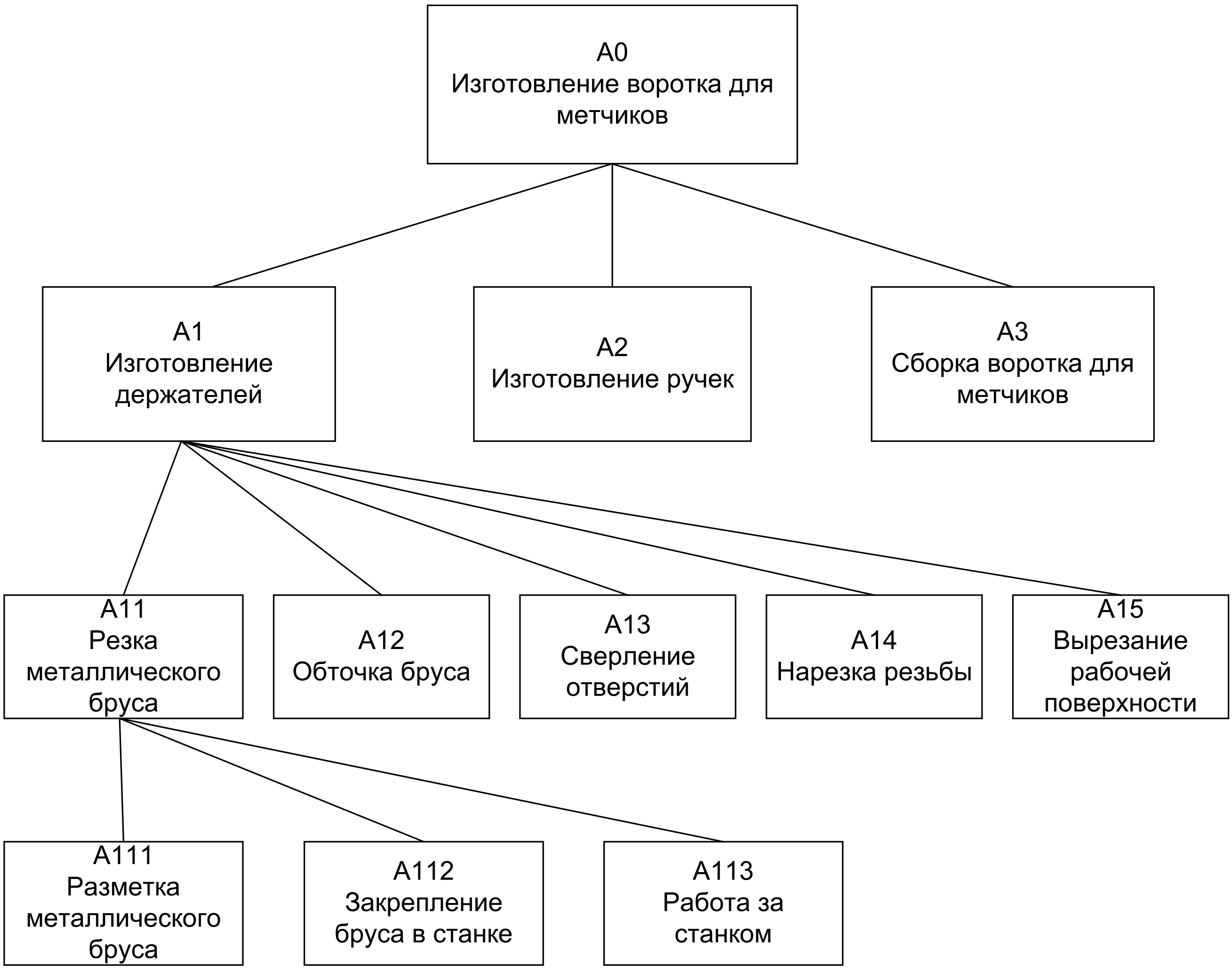

Рис. 3.1. Дерево узлов

Реализуем построение функциональной модели процесса производства воротка для метчиков в среде BPwin.

Контрольные вопросы

1. Понятие системы. Основные понятия системного анализа: цель, задача, состояние системы.
2. Основные понятия системного анализа: проблема, спецификация, структура системы.
3. Базовые топологии структур систем. Внутреннее и внешнее описания систем.
4. Морфологическое, функциональное и информационное описания систем.
5. Функционирование и развитие систем. Основные признаки развивающихся систем.
6. Основные понятия системного анализа: гибкость, траектория системы, управление системой.
7. Эквивалентность систем. Инварианты систем.
8. Классификация систем. Сложная система. Типы сложности систем.
9. Информация, данные, знания. Формы представления знаний.
10. Основные свойства информации.