

УДК 681.518

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВІДСТАНІ МІЖ «КВАДРАТОМ» І ПРЯМОКУТНИКАМИ

Канд. техн. наук Г.В. Морозова

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ «КВАДРАТОМ» И ПРЯМОУГОЛЬНИКОМ

Канд. техн. наук Г.В. Морозова

APPLICATION PROGRAM AIDED DESIGN FOR DETERMINING MINIMUM DISTANCE BETWEEN THE "SQUARE" AND A RECTANGLE

Ph.D. G. Morozova

Здійснено за допомогою запропонованої програми опис та побудова графіку віртуальної потенціальної функції. Визначено, що ці програми можуть скласти основу варіанта автоматичного визначення траси мобільного автоматизованого транспортного засобу серед перешкод між точками площини з врахуванням цих перешкод.

Ключові слова: програма, потенціальна функція, квадрат, прямокутник

Осуществлено с помощью предложенной программы описание и построение графика виртуальной потенциальной функции. Определено, что эти программы могут составить основу варианта автоматического определения трассы мобильного автоматизированного транспортного средства среди препятствий между точками плоскости с учетом этих препятствий.

Ключевые слова: программа, потенциальная функция, квадрат, прямоугольник

By the means of proposed program it is made the description and charting virtual potential function. It is analyzed several algorithms and programs for describing methods of tracing a robot's path on the plane among obstacles, it is identified their strengths and weaknesses, one of which is the complexity of choosing a new path for renewed position of obstacle elements and the need to perform all the calculations again. According to pre-implemented construction of a digital position models for containers on storehouse area it is shown a plurality of rectangles (projections of containers on the plane) on the storehouse operator's computer screen. It resulted in link of the top of each rectangles with certain numbers for their coordinates calculation. Proposed algorithm and program used the calculations and formulas that determine the distance between the rectangle (container) and "square" (profile of the column). It is determined that the developed program of: defining the geometric center of a polygon; construing potential virtual functions for obstacles as a single rectangle; determining the distance between 'square' and rectangles can form the basis of automatically determining the trace of mobile automated vehicle among obstacles between the points of the plane in view of these obstacles.

Keywords: program, potential function, square, rectangle

Вступ. В сучасних умовах великого товарообігу є проблема розміщення для короткочасного зберігання контейнерів на відкритих площадках та у підземних сховищах за умови їх «рівної» доступності у разі необхідності постачання замовнику. Залишати широкі під'їзні шляхи до кожного з контейнерів не є рентабельним рішенням, адже необхідною є умова розміщення максимальної

з можливих кількостей контейнерів на даній площі сховищ. Тому для підприємства актуальною є розробка системи обліку і автоматизованого складування контейнерів на відкритих площадках та у підземних сховищах з максимальною щільністю їх розміщення, але з додержанням умови їх доступності, наприклад, складським автокаром.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. У процесі розробки версії системи автоматизованого складування контейнерів необхідно передбачити їх розташування з додержанням не лише протипожежних розривів, але із додержанням технологічних умов транспортування. Для цього необхідно розробити алгоритм і скласти програми, які зможуть скласти основу варіанта автоматичного визначення шляху переміщення транспортного засобу між точками площини з врахуванням перешкод, які усуває суб'єктивний фактор, наприклад, в умовах надзвичайної ситуації, що виникла у сховищі (пожежі, розгерметизації, некерованої хімічної реакції тощо) [1-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує декілька алгоритмів і програм для опису методів трасування на площині шляху робота серед перешкод, з яких популярними є хвильовий алгоритм, алгоритми із елементами евристики, а також алгоритм пошуку шляхів з умовною назвою «Алгоритм А*» [9]. Кращий алгоритм трасування мобільних роботів базується на методі віртуальних потенціалів, запропонованого А.К.Платоновим [10, 11]. Для навігації тут використовується мнемонічна модель, згідно якої навколишні об'єкти ніби притягують або відштовхують мобільного робота у процесі його руху.

До недоліків методу потенціалів слід віднести складність побудови потенціальних функцій для перешкод із кутовими точками, де

втрачає зміст похідна по нормалі до їхніх контурів. Крім того, у процесі визначення траси прихована геометрична суть етапів розрахунків; не наочним є вибір нової траєкторії для оновленого положення елементів перешкод, і всі обчислення необхідно здійснювати наново.

Визначення мети та задачі дослідження. Розробити алгоритм і Maple – програми, які зможуть скласти основу варіанта автоматичного визначення шляху переміщення транспортного засобу між точками площини з врахуванням перешкод, які усуває суб'єктивний фактор.

Основна частина дослідження. Цифрова модель проєкцій контейнерів. Вважатимемо, що заздалегідь здійснено побудову цифрової моделі положень контейнерів на площі складу. Тоді множину прямокутників (проєкцій контейнерів на площину) можна зобразити на екрані комп'ютера оператора складу, в результаті чого вершини кожного з прямокутників можна пов'язати з певними числами - тобто обчислити їх координати.

Таким чином, задача зводиться к розробці алгоритму та складанню програми з визначення траєкторії шляху між контейнерами залежно від зміни ситуації розміщення з періодичним та неперіодичним розташуванням фігур і за умови наявності будівельних колон. В складених алгоритмі та програмі використані розрахунки і формули, які визначають відстань між прямокутником (контейнером) і «квадратом» (профілем колони) [12].

Програма визначення геометричного центра многокутника:

```
o:=(a,b)->(a+b+abs(a-b))/2:
ft:=(xt,yt)->sqrt((x-xt)^2+(y-yt)^2):
f:=o(o(o(o(ft(x1,y1),ft(x2,y2)),
ft(x3,y3)),ft(x4,y4)),ft(x5,y5)):
pic1:=curve([[x1,y1,0],[x2,y2,0],
[x3,y3,0],[x4,y4,0],[x5,y5,0],[x1,y1,0]],
color=black, thickness=3, style=PATCHCONTOUR):
pic2:=plot3d(f(x,y),x=min(x1,x2,x3,x4,x5)..
max(x1,x2,x3,x4,x5),y=min(y1,y2,y3,y4,y5)..
max(y1,y2,y3,y4,y5), grid=[25,25], thickness=2,
style=PATCHCONTOUR, contours=30):
display(pic1,pic2, orientation=[-73,56],
axes=BOXED,labels=[x,y,z],
labelfont=[TIMES,ITALIC,26],
axesfont=[TIMES,ITALIC,26]);
pic3:=plot3d(f(x,y),x=min(x1,x2,x3,x4,x5)..
```

```
max(x1,x2,x3,x4,x5),y=min(y1,y2,y3,y4,y5)..
max(y1,y2,y3,y4,y5), grid=[25,25], color=red,
thickness=2, style=CONTOUR, contours=35):
display(pic1,pic3, orientation=[-90,0],
axes=BOXED,labelfont=[TIMES,ITALIC,18],
labels=[x,y,z], axesfont=[TIMES,ITALIC,18]);
```

Програма побудови віртуальної потенціальної функції для перешкоди у вигляді одного прямокутника:

```
a1 := -8: b1 := 0: c1 := 0: d1 := 10:
w := 0.1:
kon1 := polygon([[a1,c1,w], [b1,c1,w], [b1,d1,w], [a1,d1,w], [a1,c1,w]],
color=green, thickness=3):
plan := display(kon1, scaling=CONSTRAINED, orientation=[-90, 0], axes=NORMAL, thickness=5,
axesfont=[TIMES,ITALIC,16] ): plan;
xcel := 10: ycel := -10:
fpot := sqrt((x - xcel)^2 + (y - ycel)^2):
z := sqrt(((a1+x+abs(a1-x))/2 -
(b1+x-abs(b1-x))/2)^2 +
((c1+y+abs(c1-y))/2 -
(d1+y-abs(d1-y))/2)^2):
Fpot := plot3d(fpot(x,y) + 1/z(x,y)^2,
x=-14..14, y=-12..16,
thickness=2, scaling=CONSTRAINED, axesfont=[TIMES,ITALIC,16],contours = 30,
orientation=[-130,50], style=patchcontour, view=0..36, axes=BOXED, grid=[170,170]): Fpot;
```

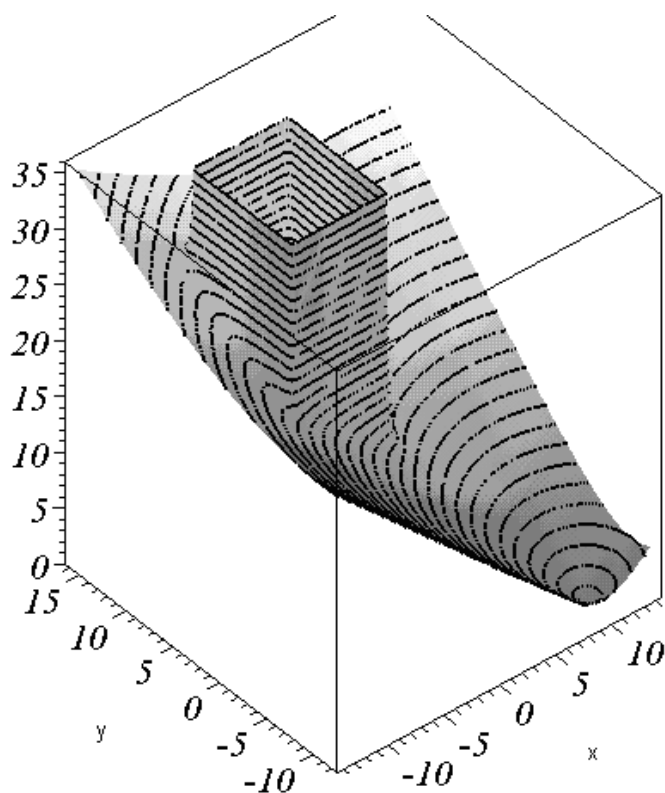


Рис. 1. Віртуальна потенціальна функція для перешкоди

```
replot( %, orientation=[-90,0], style=contour, contours = 30, color=red );
```

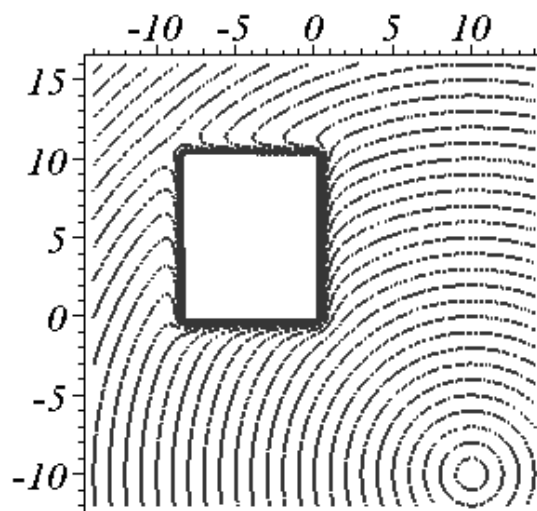


Рис. 2. Лінії рівня віртуальної потенціальної функції

```
display(Fpot, plan, plot3d(0, x=-14..14, y=-12..16, color=yellow));
```

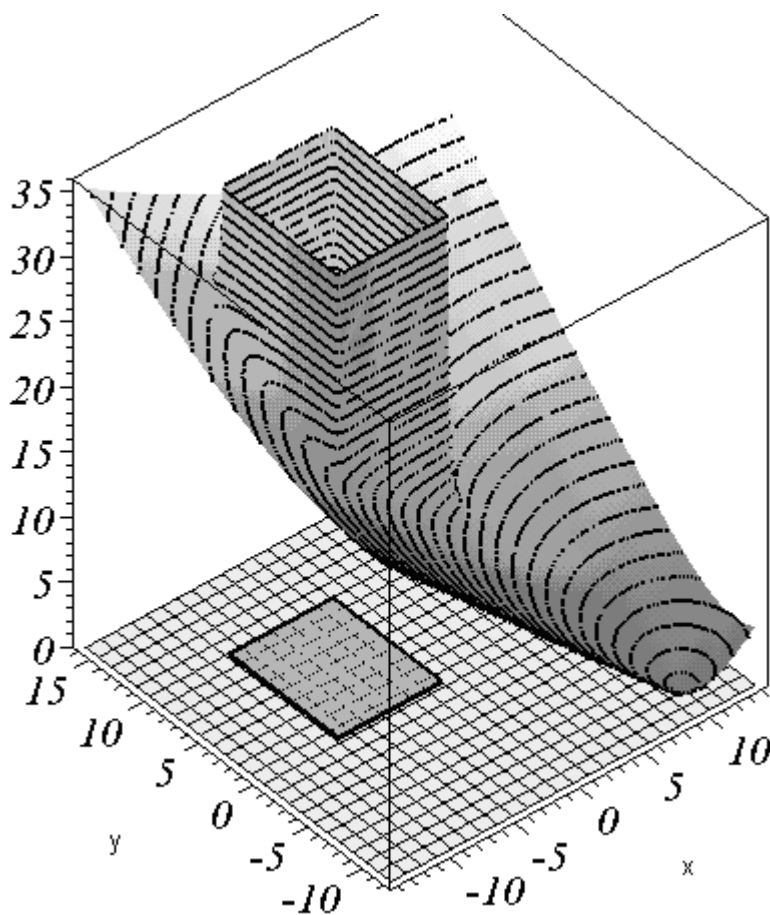


Рис. 3. Віртуальна потенціальна функція для перешкоди у вигляді прямокутника

Програма визначення відстані між «квадратом» і прямокутниками:

```

p := (a,b) -> (a+b-abs(a-b))/2:
kub := cuboid([-0.5, -0.5, 0],[0.5, 0.5, 0], color=yellow):

R := 0.5:
x := R*(.8158924396*cos(t)+.1359820733*cos(3.*t)-
      .8158924396*sin(t)+.1359820733*sin(3.*t));
y := R*(.8158924396*cos(t)+.1359820733*cos(3.*t)+
      .8158924396*sin(t)-.1359820733*sin(3.*t));
x := 0.4079462198 cos(t) + 0.06799103665 cos(3. t) - 0.4079462198 sin(t)
      + 0.06799103665 sin(3. t)
y := 0.4079462198 cos(t) + 0.06799103665 cos(3. t) + 0.4079462198 sin(t)
      - 0.06799103665 sin(3. t)
G[0] := plot([x(t), y(t), t=0..2*Pi],scaling=CONSTRAINED,
      thickness=5, axes=BOXED, color=black,
      axesfont=[TIMES,ITALIC,14]): G[0];
a1 := 3: b1 := 8: c1 := 6: d1 := 8:
a2 := -5: b2 := -2: c2 := 2: d2 := 7:
a3 := -8: b3 := -5: c3 := -5: d3 := -2:
a4 := 4: b4 := 8: c4 := -5: d4 := -2:
a5 := 5: b5 := 8: c5 := 2: d5 := 5:
kon1 := polygon([[a1,c1,0], [b1,c1,0], [b1,d1,0],
      [a1,d1,0], [a1,c1,0]], color=green, thickness=3):
kon2 := polygon([[a2,c2,0], [b2,c2,0], [b2,d2,0],
      [a2,d2,0], [a2,c2,0]], color=green, thickness=3):
kon3 := polygon([[a3,c3,0], [b3,c3,0], [b3,d3,0],
      [a3,d3,0], [a3,c3,0]], color=green, thickness=3):
kon4 := polygon([[a4,c4,0], [b4,c4,0], [b4,d4,0],
      [a4,d4,0], [a4,c4,0]], color=green, thickness=3):
kon5 := polygon([[a5,c5,0], [b5,c5,0], [b5,d5,0],
      [a5,d5,0], [a5,c5,0]], color=green, thickness=3):
display(kon1, kon2, kon3, kon4, kon5, kub, scaling=CONSTRAINED, orientation=[-90, 0],
      axes=NORMAL, thickness=5, axesfont=[TIMES,ITALIC,20] );

```

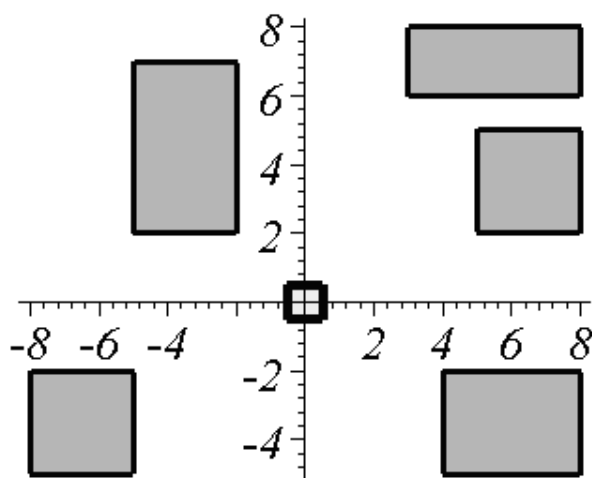


Рис. 4. П'ять прямокутників для тестового прикладу

$$z1 := \sqrt{\left(\frac{a1 + x + |a1 - x|}{2} - \frac{b1 + x - |b1 - x|}{2}\right)^2 + \left(\frac{c1 + y + |c1 - y|}{2} - \frac{d1 + y - |d1 - y|}{2}\right)^2}$$

$$z2 := \sqrt{\left(\frac{a2 + x + |a2 - x|}{2} - \frac{b2 + x - |b2 - x|}{2}\right)^2 + \left(\frac{c2 + y + |c2 - y|}{2} - \frac{d2 + y - |d2 - y|}{2}\right)^2}$$

$$z3 := \sqrt{\left(\frac{a3 + x + |a3 - x|}{2} - \frac{b3 + x - |b3 - x|}{2}\right)^2 + \left(\frac{c3 + y + |c3 - y|}{2} - \frac{d3 + y - |d3 - y|}{2}\right)^2}$$

$$z4 := \sqrt{\left(\frac{a4 + x + |a4 - x|}{2} - \frac{b4 + x - |b4 - x|}{2}\right)^2 + \left(\frac{c4 + y + |c4 - y|}{2} - \frac{d4 + y - |d4 - y|}{2}\right)^2}$$

$$z5 := \sqrt{\left(\frac{a5 + x + |a5 - x|}{2} - \frac{b5 + x - |b5 - x|}{2}\right)^2 + \left(\frac{c5 + y + |c5 - y|}{2} - \frac{d5 + y - |d5 - y|}{2}\right)^2}$$

plot({z1(t), z2(t), z3(t), z4(t), z5(t)}, t=-4..4, color=[gold, black, green, brown, blue], linestyle=[SOLID, DOT, DASH, DASHDOT], thickness=3, axesfont=[TIMES, ITALIC, 22]);

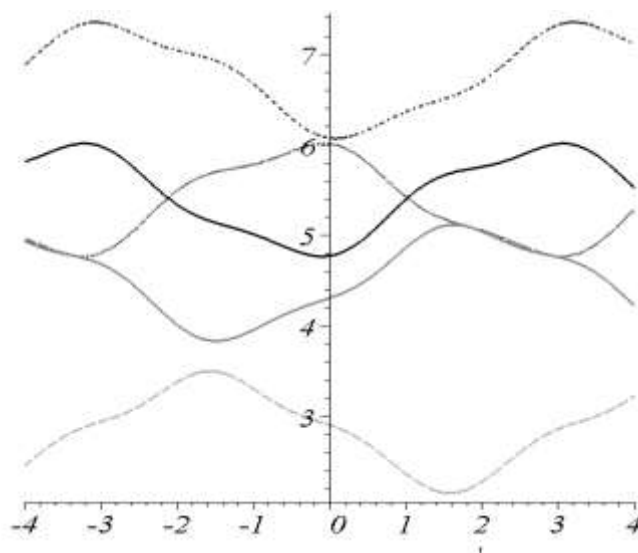


Рис. 5. Графік функцій $f_i(x,y)$

Z := p(p(p(z1(t), z2(t)), z3(t)), z4(t)), z5(t));
 plot(Z, t=-4..4, thickness=3, scaling=UNCONSTRAINED,
 axesfont=[TIMES, ITALIC, 22]); #, view=0..4);

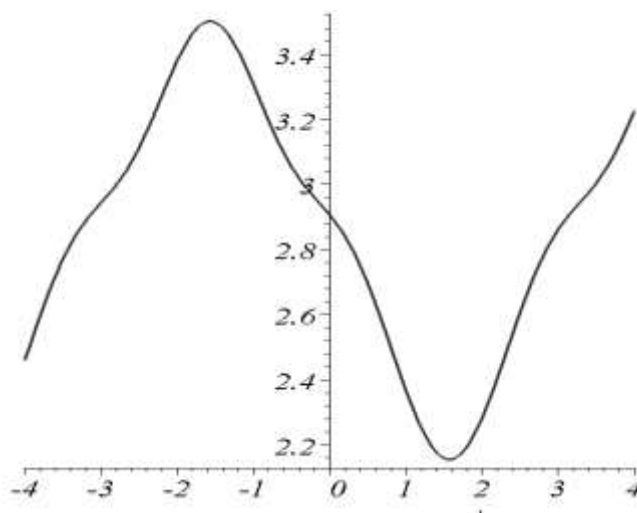


Рис. 6. Графік R – кон'юнкції

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.

Одержані програми, через опис та побудову графіку віртуальної потенціальної функції і смуги проходження серед перешкод, можуть

скласти основу варіанта автоматичного визначення траси мобільного автоматизованого транспортного засобу серед перешкод між точками площини з врахуванням цих перешкод.

Список використаних джерел

1. Антонов, Н. Новые возможности терминалов сбора данных [Текст] / Н. Антонов // Склад и техника. – 2006. – № 1. – С. 18-23.
2. Беспалов, Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки [Текст] / Р.С. Беспалов. – М.: Вершина, 2007. – 384 с.
3. Васильев, М.Ю. Логистика современных систем управления контейнерным терминалом [Текст] / М. Ю. Васильев, П.А. Аркин, И.Ю. Крылова. – СПб.: Известия СПбГТИ(ТУ). – 2008. – №3 (29). – С. 94-97.
4. Васильев, М.Ю. Использование информационно-логистических систем в управлении контейнерным терминалом [Текст] / М.Ю. Васильев // Проблемы современной экономики. – № 1(29). – 2009. – 0.35 п.л.
5. Васильев, М.Ю. Контейнерный терминал: логистика современных систем управления [Текст] / М.Ю. Васильев, И.Ю. Крылова // Экономика и менеджмент: сборник статей. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – Вып. 5. – 0.2 п.л.
6. Коган, Б.И. Автоматизированные транспортно-складские системы на участках механической обработки деталей [Текст]: учеб. пособие / Б.И. Коган. – Кемерово: КузГТУ, 2002. – 76 с.
7. Манжосов, Г.П. Современный склад. Организация и технология [Текст] / Г.П. Манжосов. – М.: КИА центр, 2003. – 224 с
8. Рикошинский, А. Решения по автоматизации управления складом [Текст] / А. Рикошинский // Современный склад. – 2007. – № 6. – С. 35-39.
9. Селифонов, Е. Path Tracing [Электронный ресурс] / Е. Селифонов, А.Тихомиров. – Режим доступа: <http://rain.ifmo.ru/cat>.
10. Платонов, А.К. Метод потенциалов в задаче прокладки трассы [Текст] / А.К. Платонов, И.И. Карпов, А.А. Кирильченко. – М.: Препринт Ин-та прикладной математики АН СССР, 1974. – 27 с.

11. Платонов, А.К. Метод потенциалов в задаче выбора пути: история и перспективы [Текст] / А.К. Платонов, А.А. Кирильченко, М.А. Колганов. – М.: И ПМ им. М.В. Келдыша, 2001. – 32 с.

12. Морозова, Г.В. Метод визначення траєкторії переміщення мобільного робота на площині серед перешкод [Текст] / Г.В. Морозова // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 121-126.

Рецензент д-р техн. наук, професор Л.М. Куценко

Морозова Галина Вікторівна, канд. техн. наук, кафедра нарисної геометрії та комп'ютерної графіки Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-55. E-mail:galmor67@mail.ru.

Morozova Galina Viktorovna., Ph.D., department of descriptive geometry and computer graphics Ukrainian State Academy Railway Transport. Tel.:(057)730-10-55. E-mail:galmor67@mail.ru.