



Универзитет „Гоце Делчев“ Штип, Македонија
Факултет за природни и технички науки

University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia
Faculty of Natural and Technical Sciences

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

Број 5
No 5

Година V
Volume V

Ноември 2011
November 2011

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

UDC 622:55:574:658

ISSN 185-6966



Природни ресурси и технологии
Natural resources and technology

ноември 2011
november 2011

ГОДИНА 5
БРОЈ 5

VOLUME V
NO 5

UNIVERSITY "GOCE DELCEV" – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот:

Проф. д-р Зоран Панов

Издавачки совет

Проф. д-р Саша Митрев
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Кимет Фетаху
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

Editorial board

Prof. Saša Mitrev, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски

Editorial staff

Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

Главен и одговорен уредник
Проф. д-р Мирјана Голомеова

Managing & Editor in chief
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

Јазично уредување

Даница Гавриловска-Атанасовска
(македонски јазик)

Language editor

Danica Gavrilovska-Atanasovska
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров
Благој Михов

Technical editor

Slave Dimitrov
Blagoj Mihov

Печати

„Европа 92“ - Кочани

Printing

„Evropa 92“ - Kocani

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Р. Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
R. Macedonia

МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА

Стојанче Мијалковски¹, Зоран Десподов¹, Дејан Мираковски¹,
Афродита Зенделска¹, Марија Костадинова

Апстракт

Во овој труд е прикажана постапката за избор на рударска откопна метода, која зависи од повеќе рударско-геолошки и техничко-економски фактори. При оптимален избор на рударска откопна метода за конкретно рудно наоѓалиште, препорачливо е да се користат три оптимизациони методи за да се изврши споредување на добиените резултати и на тој начин да се избере најефикасната рударска откопна метода, односно рударската откопна метода која овозможува најефикасно враќање на инвестиционите вложувања.

Клучни зборови: *рударска откопна метода, рударско-геолошки фактори, техничко-економските фактори.*

METHODOLOGY FOR SELECTION OF MINING EXCAVATION METHODS

Stojance Mijalkovski¹, Zoran Despodov¹, Dejan Mirakovski¹,
Afrodita Zendelska¹, Marija Kostadinova

Abstract

This paper shows the procedure for selection of mining excavation method, which depends on several mining-geological and technical-economic factors. Advisable is to use three optimization methods to the optimal choice of mining excavation method for specific mineral deposit, to perform the comparison of results and thus to choose the most effective mining excavation method or method which enables the most efficient return on investment ventures.

Key words: *mining excavation method, mining and geological factors, technical and economic factors.*

¹) Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“ -Штип
Faculty of natural and technical sciences, University “Goce Delcev”-Stip

Вовед

Најголем проблем на којшто наидува секој истражувач на почетокот кога врши истражување за отворање и експлоатација на нов рудник или анализира веќе постоечки подземен рудник е *избор на откопна метода*. При донесувањето на конечна одлука за тоа која рударска откопна метода ќе се применува, треба да се земат предвид повеќе *рударско-геолошки фактори*, како што се:

- големината и формата на рудното тело,
- условите на залегнувањето,
- цврстината на рудата и соседните карпи,
- испуканоста на карпестата маса и др.

Исто така треба да се земат во предвид и *техничко-економските фактори*, како што се:

- вредноста на откопаната руда,
- безбедноста и здравите услови за извршување на работните операции,
- коефициентот на подготовка,
- искористувањето на рудата при откопувањето,
- коефициентот на осиромашување на рудната супстанца,
- цената на чинење на еден тон руда,
- откопниот учинок,
- деградацијата на теренот и останатите влијанија врз животната средина и др.

Големата одговорност при изборот на методата за откопување произлегува од фактот дека трошоците на откопување имаат најголемо учество во вкупните трошоци за експлоатација на рудното наоѓалиште.

Имајќи го предвид фактот дека од голем број на најразновидни влијателни фактори зависи решението на проблемите во рударството, затоа процесите на проектирање и одлучување во рударството се изразено сложени и бараат соодветни научноистражувачки пристапи. Поради тоа денес во рударството многу голема примена наоѓа повеќекритериумската оптимизација (повеќекритериумскиот математичко-моделски пристап) при планирање и проектирање во рударството, бидејќи со помош на повеќекритериумското одлучување се земаат предвид поголем број на влијателни параметри.

Изборот на методата за откопување и конструкцијата на откопот е најкомплицирана и многу тешка одлука во процесот на инженерското одлучување кај подземната експлоатација, која што се донесува во интерактивна процедура за управување со карпестиот масив. За успешен избор на метода за откопување пресудно е следново:

- добро познавање на рударските откопни методи коишто се користат во современата рударска пракса;
- добро познавање на технологијата и технолошките постапки;
- добро познавање на расположливата рударска механизација којашто се користи во конкретните технолошки постапки, како и познавање на нивната можност и барања;
- добро познавање на постапките за рационална реконструкција на реалниот карпест масив и методите за управување со масивот (емпириски методи, нумерички методи за напонско-деформациска анализа и методи за структурна анализа).

Рударскиот инженер работи со повеќе или помалку надежни податоци коишто се резултат на геолошките истражувања за конкретното рудно наоѓалиште. Согласно со тоа, при изборот на методата за откопување претходи детално и темелно проучување на расположливата геолошка документација за рудното наоѓалиште. Резултатот од ова проучување треба да биде ментална слика за рудното тело, односно рудното наоѓалиште во конкретното опкружување.

Следна фаза е рационализација на реалниот систем која резултира со моделирање на карпестиот масив, со коишто модели понатаму се оперира. Во првиот чекор се разгледува анизотропијата и хомогеноста на карпестиот масив и се издвојува квазихомогена зона. Следниот чекор е класификација на карпестиот масив, односно класифицирање на секоја квазихомогена зона. Потоа следува креирање на нумерички модел за карпестиот масив којшто опфаќа дефинирање на критериумот за лом и конститутивно изедначување за секоја квазихомогена зона.

Наредната фаза е најкомплексна и претставува внесување на човекови конструктивности во природниот систем. Во оваа фаза се креира конструкцијата на откопот со одреден облик, големини и просторна положба на рудното тело, согласно со физичко-механичките и структурните особини на карпестиот масив и примарната напонска состојба. Во оваа фаза се врши димензионирање на конструкцијата на откопот, којашто опфаќа избор и димензионирање на подградната конструкција. Значи во овој чекор се усвојува технологијата и соодветната опрема.

Во последната фаза се прави организација на работата, се прогнозира ангажирањето на луѓето и опремата за бараниот капацитет. Завршниот, односно крајниот чекор е проценка на трошоците за откопување. Ова е крајот на инженерската анализа и потоа следи економската анализа, каде што се врши анализирање на трошоците, се утврдуваат тековите на капиталот, брзината за враќање на инвестициите и профитот. Во

постапката за економска анализа се бира оптималната метода на откопување за дадените природни и пазарни услови.

Решавање на проблемот - избор на рударска откопна метода

Постапката за избор на рударска откопна метода може да се подели во два дела, односно во две фази и тоа:

- рационален избор на рударска откопна метода;
- оптимален избор на рударска откопна метода.

Рационален избор на рударска откопна метода

Најпрвин вршиме рационален избор, односно селектирање на рударските откопни методи според геолошките фактори коишто имаат влијание при изборот на откопната метода. Овде влегуваат: геометријата на рудните тела и распространетоста на оруднувањето (обликот на рудните тела, моќноста на рудните тела, аголот на залегнување на рудните тела, длабочината на залегнување на рудните тела, распространетоста на оруднувањето во рудните тела) и физичко-механичките карактеристики на рудата и соседните карпи (цврстината на карпестата маса, растојанието помеѓу пукнатините-бројот на пукнатини/м³, RQD и RMR индексот, цврстината на смолкнување на пукнатините).

Постојат повеќе постапки за избор, односно селектирање на рударските откопни методи според геолошките фактори. Најзначајни постапки се:

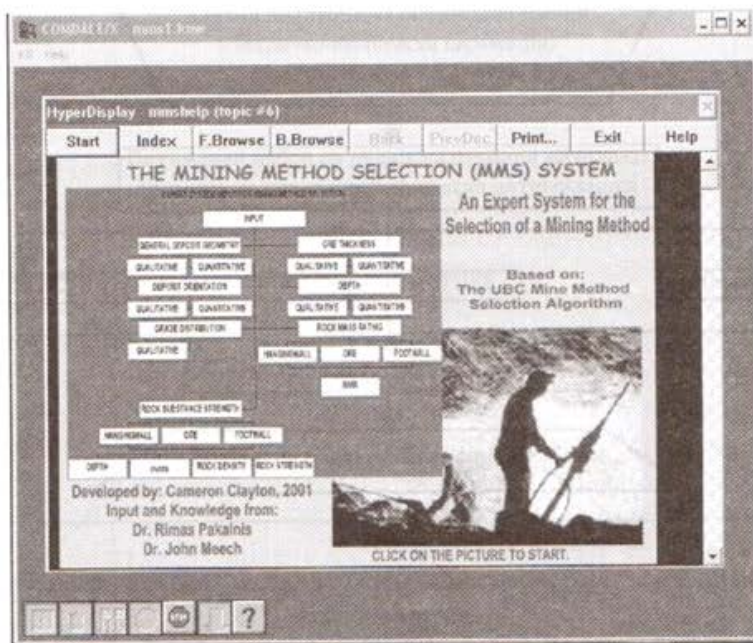
- постапката според Boshkov и Wright (1973);
- постапката според Morrison (1976);
- постапката според Nicholas (1981);
- постапката според Laubscher (1981 и 1990);
- постапката според Hartman (1987);
- постапката според UBC (1995).

За рационален избор на рударска откопна метода најчесто се користи постапката според UBC. Оваа постапка е модифицирана верзија од пристапот на Nicholas и е предложена од Универзитетот во Британска Колумбија - Канада. Селектирањето на методите за откопување според UBC постапката (Miller - Tait L., Pakalnis R. и Poulin R., 1995 g.) претставува нумеричко-бројчено рангирање, за одредување на рударска откопна метода или група на методи за откопување, коишто се погодни за откопување на дадено рудно наоѓалиште.

Врз основа на претходно наведените параметри за рудното тело се врши селекција на следниве методи за откопување, според UBC постапката:

1. Метода на откопување со блоковно зарушување;
2. Подетажна метода на откопување со отворени откопи;
3. Подетажна метода на откопување со зарушување;
4. Коморно-столбна откопна метода;
5. Магацинска метода на откопување;
6. Метода на откопување со засипување на откопаниот простор;
7. Метода на откопување со зарушување на кровинските карпи (Top slice);
8. Метода на откопување со квадратни слогови;
9. Широкочелна откопна метода;
10. Метода за површинско откопување.

За рационален избор на рударска откопна метода според UBC постапката имам изработено компјутерска програма во Microsoft Excel. За споредба на излезните резултати и тековна контрола на пресметките го користам готовиот софтверски пакет: *The mining method selection (MMS) system, An Expert System for the Selection of a Mining Method*, Based on: The UBC Mine Method Selection Algorithm, Version 5.13 (Run-time), Copyright 1986-1993 Comdale Technologies Inc., 2001. Главното мени на овој софтверски пакет–експертски систем е прикажан на слика 1.

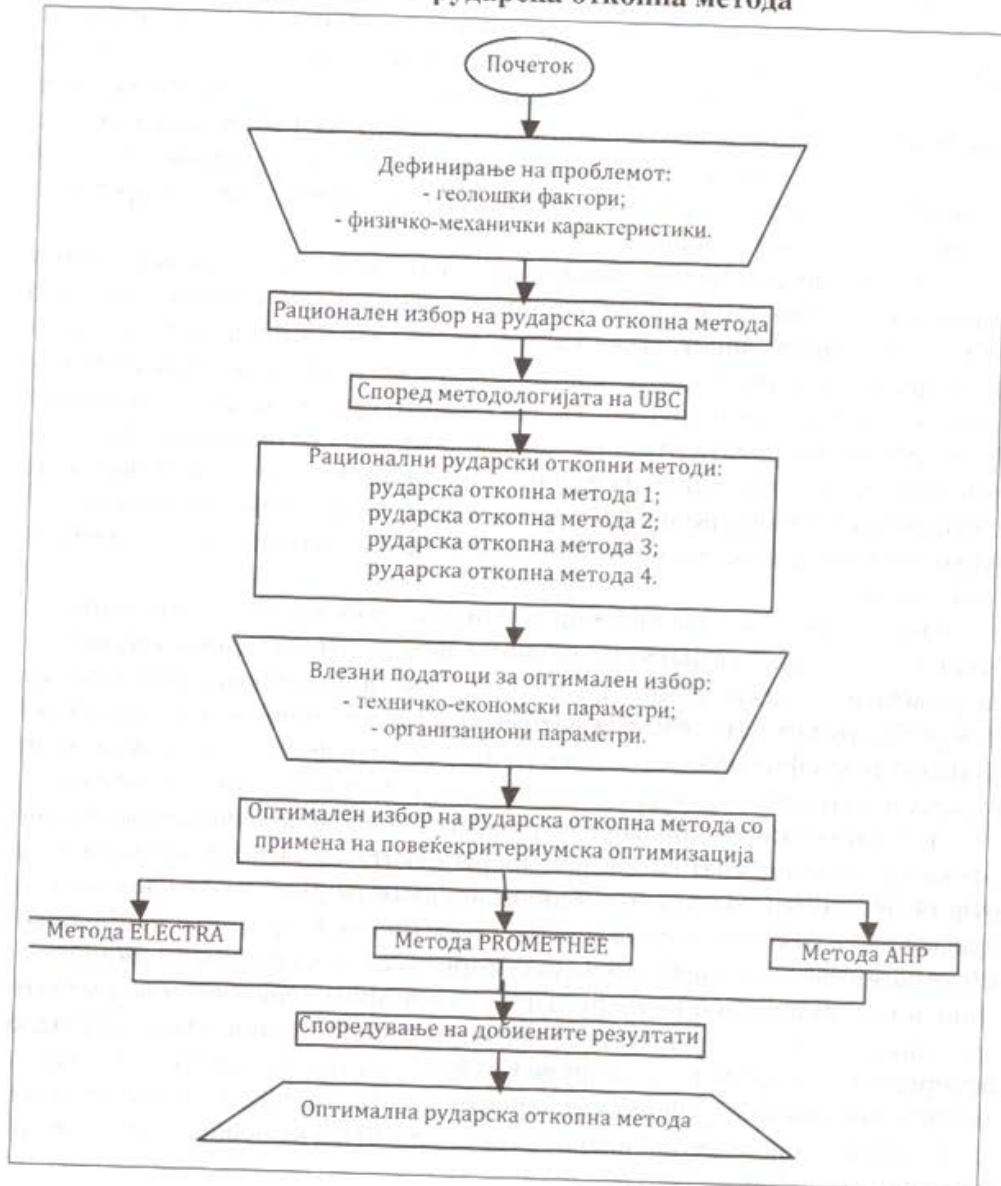


Слика 1. Главно мени на MMS програмата
Figure 1. Main menu of the MMS program

Оптимален избор на рударска откопна метода со примена на повеќекритериумска оптимизација

Откако ќе се изврши рационален избор, односно селектирање и издвојување на најприфатливите рударски откопни методи според геолошките фактори (првите четири највисоко рангирани откопни методи), следува оптимален избор, односно селектирање на издвоените рударски откопни методи според техничко-економските и организационите фактори што имаат влијание при изборот на откопната метода. Овде влегуваат: вредноста на откопаната руда, безбедноста и здравите услови за извршување на работните операции, цената на чинење на еден тон руда, искористувањето на рудата при откопувањето, коефициентот на осиромашување на рудната супстанца, коефициентот на подготвителни работи, откопниот учинок, деградацијата на теренот и останатите влијанија врз животната средина. За оптимален избор, односно селектирање на рударските откопни методи според техничко-економските и организационите фактори се користат повеќекритериумските оптимизациони методи, како што се: методата ELECTRA, PROMETHEE, ANP и др.

Основен концепт на предложената методологија за избор на оптимална рударска откопна метода



Слика 2. Основен концепт на предложената методологија за избор на рударска откопна метода

Figure 2. Basic concept of proposed methodology for selection of mining excavation method

Заклучок

Најголем проблем на којшто наидува секој проектант кога проектира нов рудник за подземна експлоатација или разработува веќе постоечки е изборот на рударската откопна метода. При донесувањето на одлука за тоа која рударска откопна метода ќе се примени треба да се земат предвид што повеќе фактори кои имаат влијание врз изборот на рударската откопна метода. Во колку е вклучен поголем број на релевантни фактори, до толку и избраната рударска откопна метода ќе биде посоодветна на конкретните рударско-геолошки услови.

Од избраната, односно применетата откопна метода зависат многу важни показатели при експлоатацијата на некое рудно наоѓалиште, како што се: работниот учинок, трошоците за откопување на рудата, големината на загубите и осиромашувањето на рудата и конечно финансиските ефекти кои што притоа се остваруваат. Целта којашто сакаме да ја постигнеме со примената на избраната откопна метода, пред сè, е остварување на ниски трошоци за експлоатација на рудното наоѓалиште, а со тоа и поголема финансиска добивка, но изборот на методата за подземно откопување на рудно наоѓалиште не може да се заснова исклучително врз наведените критериуми.

Обезбедувањето на сигурни услови за работа на работниците во откопите, искористувањето на рудното наоѓалиште и осиромашувањето на рудата исто така можат да се вбројат во влијателните фактори врз изборот на рударската откопна метода, кои истовремено имаат значително влијание и врз финансиските ефекти што се остваруваат со примената на рударската откопна метода за откопување на даденото рудно наоѓалиште.

Големото осиромашување на рудата обично се појавува со негативни ефекти во подоцнежната фаза, при преработката, односно флотирањето на рудата. Наспроти тоа, малото осиромашување на рудата, во зависност од применетата откопна метода и карактеристиките на рудното наоѓалиште може да доведе до значително мало искористување на рудното наоѓалиште, односно голема количина на руда трајно останува неископана во рудното наоѓалиште по завршувањето со неговата експлоатација. Иако при мало искористување на рудата, од рудното наоѓалиште можат да се остварат значителни поволни финансиски ефекти, тоа во одредени случаи не може да се смета за оправдано, бидејќи рудата претставува необновлив, а често и ограничен природен ресурс.

Многубројните разгледувања и проучувања укажуваат на тоа дека изборот на метода за подземно откопување на рудно наоѓалиште зависи од голем број на релевантни фактори, односно од нивните карактеристики. Релевантните, односно влијателните фактори важни за избор на метода за

подземно откопување на рудно наоѓалиште, можат да се групираат во три основни групи и тоа:

- геолошки фактори;
- техничко-економски фактори;
- организациони фактори.

Притоа е тешко да се издвои некоја од претходните групи на фактори како најзначајна.

Во рударската пракса се познати случаи во коишто геолошките фактори дозволуваат примена на соодветни откопни методи, но примената на откопната метода не може да се разгледува како оправдана од аспект на техничко-економските фактори, односно од финансиски аспект. Исто така, можни се случаи во коишто избраната откопна метода подразбира примена на одреден тип на механизација, но геолошките услови тоа не го дозволуваат.

Поради неговото големо значење, проблемот за избор на метода за подземно откопување на рудни наоѓалишта го проучувале многу автори. Како заедничка фаза од постапките кои што ги предлагаат поединечните автори, со цел за избор на метода за подземно откопување на рудно наоѓалиште, можат да се издвојат две фази:

- рационален избор на рударска откопна метода;
- оптимален избор на рударска откопна метода.

Рационалниот избор на рударска откопна метода се врши врз основа на геолошките фактори и притоа е потребно да се применуваат најсовремените методологии коишто постојат. Вакви методологии се:

- методологијата на Nicholas;
- нејзината модифицирана верзија позната како методологија на UBC (Универзитетот во Британска Колумбија - Канада) и др.

Откако ќе се изврши рационален избор на рударска откопна метода, односно ќе се издвои група од методи погодни за примена, потребно е да се изврши *оптимален избор* на рударска откопна метода, врз основа на техничко-економските и организационите фактори, при што може да се искористи повеќекритериумската оптимизација.

Повеќекритериумската оптимизација овозможува вклучување на поголем број критериуми, односно релевантни фактори, со што се постигнува и поголема точност при изборот. Од повеќекритериумските оптимизациони методи најмногу се применувани следниве:

- методата ELECTRA;
- методата PROMETHEE;
- методата АНР и др.

При оптимален избор на рударска откопна метода за конкретно рудно наоѓалиште, пожелно е да се користат три оптимизациони методи за да се изврши споредување на добиените резултати и на тој начин да се избере најефикасната рударска откопна метода, односно рударската откопна метода која овозможува најефикасно враќање на инвестиционите вложувања.

Литература

- Clayton Cameron, Input and Knowledge from: Dr. Pakalnis Rimās, Dr. Meech John: *The mining method selection (MMS) system, An Expert System for the Selection of a Mining Method*, Based on: The UBC Mine Method Selection Algorithm, Version 5.13 (Run-time), Copyright 1986-1993 Comdale Technologies Inc., 2001;
- Десподов З.: *Технологија на подземна експлоатација* (интерна скрипта), Рударско - геолошки факултет, Штип, 2000;
- Howard L. Hartman: *SME Mining Engineering Handbook*, 2nd Edition, Volume 2, Society for Mining, Metallurgy and Exploration;
- Мијалковски С.: Избор на откопен метод за подземно откопување на рудно наоѓалиште, Македонско рударство и геологија, број 9, СРГИМ, Скопје, 2008;
- Мијалковски С.: *Придонес во утврдувањето на методологија за избор на метода за откопување во рудниците за подземна експлоатација на металични минерални сировини*, магистерски труд (непубликуван), Факултет за природни и технички науки, Штип, 2009;
- Мијалковски С.: *Програмирање и моделирање во рударството*, семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2008;
- Мијалковски С.: *Современо проектирање на подземен рудник*, семинарска работа (непубликувана), Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип, 2009;
- Miller-Tait L., Pakalnis R., Poulin R., University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada: *UBC mining method selection*, Mine Planning and Equipment Selection 1995, Singhal et al. (eds) 1995 Balkema, Rotterdam, 1995;
- Торбица С., Петровиќ Н.: *Методe и технологија подземне експлоатације неслојевитих лежишта* (приручник у настави), Рударско-геолошки факултет, Београд, 1997;