

فصلنامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی / سال هفتم / شماره‌ی ۲۴ / بهار ۱۳۸۹ / صفحات ۶۲ - ۳۹

ارائه‌ی مدل تعیین‌کننده‌ی ترکیب بهینه‌ی تکنولوژی‌های تولید گاز هیدروژن

آرش حاتمی

کارشناس ارشد مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران، ahatami@ut.ac.ir

حامد شکوری گنجوی

دانشیار مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران، hshakouri@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۹

چکیده

در این مقاله مدلی ارائه شده است که ترکیب بهینه‌ی تکنولوژی‌های مختلف برای تولید گاز هیدروژن را متناسب با پتانسیل‌های موجود در مناطق مختلف، از نظر داشتن کم‌ترین هزینه تعیین می‌کند. هزینه‌هایی که توسط این مدل پوشش داده می‌شوند، شامل هزینه‌های بهره‌برداری از سیستم تولید گاز هیدروژن، هزینه‌های انتقال گاز و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از هر تکنولوژی هستند. منظور از پتانسیل‌های موجود در هر منطقه نیز میزان دسترسی به مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای هر تکنولوژی، حدود مجاز انتشار گازهای گلخانه‌ای، میزان منابع مالی در دسترس برای سرمایه‌گذاری در طرح تولید و میزان تقاضای موجود در منطقه‌ی مورد بررسی است، که همگی به صورت محدودیت در مدل لحاظ شده‌اند. هم‌چنین در این مقاله دسته‌بندی‌ای از روش‌های مختلف تولید گاز هیدروژن بر مبنای ظرفیت سیستم تولیدی و در سطح پایین‌تر بر مبنای نوع فرآیند تولیدی، انجام گرفته است، که در مراحل برنامه‌ریزی مدل استفاده می‌شود. بنابراین مدل ارائه شده در این مقاله با نگرش تحلیلی از پایین به بالا و با به‌کارگیری متدولوژی بهینه‌سازی ترکیب تولید در مناطق مورد بررسی، می‌تواند در زمینه‌ی تحقیقات آتی به‌کار گرفته شود.

طبقه‌بندی **JEL**: C61

کلید واژه: مدل‌های انرژی، سیستم تولید گاز هیدروژن، برنامه‌ریزی ریاضی.

۱- مقدمه

افزایش بهره‌برداری از انرژی‌های فسیلی، از جمله زغال سنگ و فرآورده‌های نفتی، متناسب با رشد جمعیت، سبب افزایش آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش ذخایر موجود شده است "متور و همکاران (۲۰۰۸)". بعد از آن، تولید و بهره‌برداری از انرژی‌های هیدروکربنی گازی، به دلیل دارا بودن شرایط مطلوب‌تر نسبت به دیگر سوخت‌های فسیلی افزایش یافت. به عنوان مثال در کشور ایران طی ده سال اخیر میزان مصرف گاز از ۳۸/۹ میلیارد مترمکعب در سال، ۱۹۹۶، به ۱۰۵/۱ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۰۶ رسیده است "ترازنامه‌ی انرژی".

استفاده از منابع گازی برای تأمین نیازمندی‌های موجود در بخش انرژی‌های سوختی تا حدی بحران به وجود آمده را بهبود بخشید، ولی وجود عامل‌های اساسی از جمله پایان‌پذیری این‌گونه منابع افزایش میزان تقاضا نسبت به سطح عرضه‌ی محصول سبب شد تا برنامه‌ریزی برای استفاده از انرژی‌های سوختی جدید به عنوان جایگزینی مناسب برای انرژی‌های سوخت فسیلی افزایش یابد "گودرنک (۱۹۹۸)".

در کشور ایران نیز به دلیل وجود محدودیت در زمینه‌ی استفاده برخی از انواع انرژی‌های سوختی از جمله بنزین، لزوم استفاده از انرژی‌های جدید احساس می‌شود. از سویی وجود برخی ذخایر هیدروکربنی غنی در ایران از جمله گاز که سهم به‌سزایی در امر تولید انرژی‌های سوختی جدید دارند، سبب ایجاد بستر مناسب برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های نوین و هم‌چنین افزایش انگیزه‌ی دولت در این زمینه شده است. علاوه بر این موارد، با در نظر گرفتن افزایش سطح استفاده‌ی وسایل نقلیه درون سوز و به تبع آن افزایش میزان آلودگی محیط زیست در برخی از شهرهای کشور به ویژه تهران، ضرورت افزایش بهره‌برداری از انرژی‌های جدید بیش‌تر می‌شود، لذا با توجه به اهمیت این موارد و تأثیر آن‌ها در زمینه‌ی عرضه و تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف به‌ویژه بخش حمل و نقل می‌بایست زمینه‌ی بهره‌برداری از منابع انرژی جدید در کشور فراهم شود. جهت‌گیری این مقاله نیز در زمینه‌ی طراحی و توسعه‌ی مدلی است که ترکیب بهینه‌ی تکنولوژی‌های مختلف برای تولید گاز هیدروژن را مطابق شرایط موجود در مناطق مختلف فراهم می‌کند. در این مدل، برای انتخاب تکنولوژی‌ها از دو معیار استفاده

می‌شود. یکی بر اساس هزینه‌ی سرمایه‌گذاری کل سالیانه به ازای هر کیلوگرم گاز هیدروژن تولیدی و دیگری بر اساس کم‌ترین هزینه‌ی واحد هیدروژن تولیدی. برای افزایش تطابق بیش‌تر مدل با واقعیت و افزایش قابلیت انعطاف آن، تأثیر محدودیت‌های مختلفی از جمله محدودیت عرضه و تقاضا، قابلیت تأمین مواد اولیه، میزان منابع مالی در دسترس برای سرمایه‌گذاری، محدودیت انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نهایت محدودیت انبارش گاز هیدروژن در مدل لحاظ شده است. از آن‌جا که این مدل برنامه‌ریزی توسعه‌ی ایستگاه تولید هیدروژن را برای مناطق مختلف انجام می‌دهد، تمامی محدودیت‌های فوق برای هر منطقه تعریف می‌شوند و در نهایت، تکنولوژی‌ای که بیش‌ترین تناسب را با خصوصیات آن منطقه دارد، انتخاب می‌شود.

در قسمت دوم مقاله، تکنولوژی‌های مختلف موجود برای تولید گاز هیدروژن به طور مختصر شرح و فرآیند تولید در هر یک به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود. در قسمت سوم، ویژگی‌های مدل در مقایسه با مدل‌های دیگر ارائه و تابع هدف و محدودیت‌های آن به طور روشن شرح داده می‌شوند. در نهایت جمع‌بندی و زمینه‌ی تحقیقات آتی ارائه می‌شود.

۲- توصیف فرآیندهای مختلف تولید گاز هیدروژن

به طور کلی برای تولید گاز هیدروژن بر اساس ظرفیت تولید ایستگاه، دو نوع سیستم تولیدی مرکزی و جانبی قابل تعریف است. در صورتی که ظرفیت ایستگاه تولید هیدروژن بالا باشد (بین ۲۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ کیلوگرم هیدروژن در روز)، موقعیت سیستم تولیدی، مرکزی خواهد بود، در حالی که اگر تولید هیدروژن برای تأمین تقاضای منطقه‌ای خاص باشد (ظرفیت تولید زیر ۲۰۰۰۰ کیلوگرم هیدروژن در روز)، سیستم تولیدی جانبی خواهد بود (سیمبک و چینج، ۲۰۰۲، کروجر، ۲۰۰۸). در حالت دوم، سیستم تولیدی به صورت یک ایستگاه سوخت‌رسانی در نظر گرفته می‌شود، بنابراین تمامی فرآیندهای موجود برای تولید گاز هیدروژن را می‌توان بر اساس دو نوع سیستم تولید فوق، طبق آن‌چه در شکل (۱) نشان داده شده است، دسته‌بندی کرد. طبق این شکل، فرآیندهای تولید در حالت کلی به سه دسته‌ی بازسازی مجدد، گازسازی و

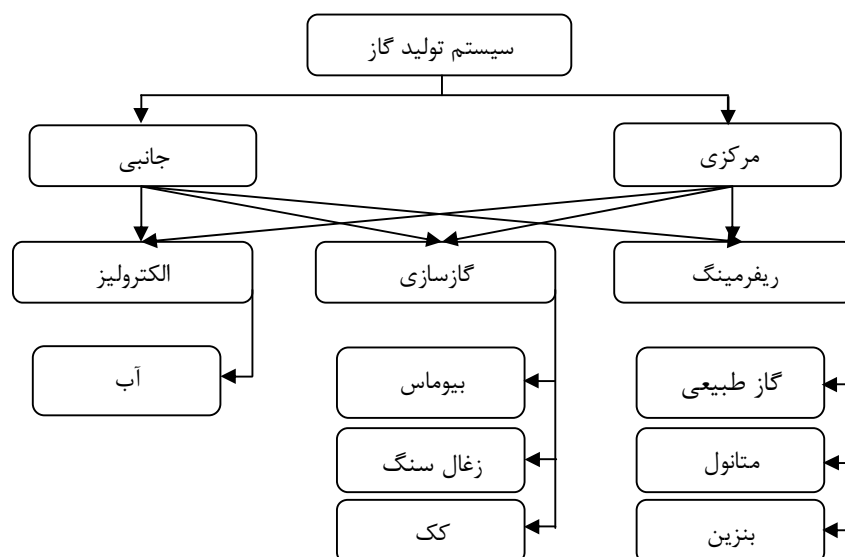
الکترولیز قابل تقسیم هستند، که دو فرآیند اول نیز بر اساس نوع مواد اولیه‌ی مصرفی به تکنولوژی‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه هر یک از این تکنولوژی‌ها توصیف شده‌اند.

۲-۱- فرآیند بازسازی مجدد

فرآیند بازسازی مجدد از جمله فرآیندهای تبدیل هیدروکربن‌های گازی یا مایع سبک به گاز هیدروژن است که به سه تکنولوژی بازسازی مجدد گاز طبیعی، بازسازی مجدد متانول و بازسازی مجدد بنزین دسته‌بندی می‌شود. در حقیقت ماهیت این فرآیند، تبدیل فرآورده‌های هیدروکربنی به هیدروژن و کربن است. از بین تکنولوژی‌های فوق، بازسازی مجدد گاز طبیعی از جمله پرکاربردترین تکنولوژی‌هاست. به طوری که تقریباً ۴۸٪ هیدروژن جهان توسط این روش تولید می‌شود (گادرنک، ۱۹۹۸). علت به کارگیری زیاد این روش، پایین بودن سطح هزینه‌ی تولید هیدروژن در مقایسه با دیگر روش‌هاست. از جمله نقاط ضعف فرآیند بازسازی مجدد، تولید مقدار زیادی دی‌اکسید کربن در مقایسه با برخی فرآیندهای تولید هیدروژن، به دلیل استفاده از منابع هیدروکربنی است (تاگنولی و همکاران، ۲۰۰۸). در شکل (۲)، این فرآیند به طور شماتیک به همراه نام دستگاه‌ها و تجهیزات ارائه شده است. در صورتی که سیستم تولیدی جانبی باشد، توالی عملیات‌ها طبق شکل (۲) خواهد بود، ولی در حالتی که سیستم تولیدی مرکزی است، قبل از دستگاه تصفیه‌کننده، می‌بایست از یک کمپرسور دیگر برای افزایش فشار گاز هیدروژن تا حد لازم برای انتقال آن استفاده کرد. این موضوع در مورد دو فرآیند گازسازی و الکترولیز نیز برقرار است. استفاده از دستگاه تصفیه‌کننده سبب حذف موادی چون آب، متان، دی‌اکسید کربن، نیتروژن و منواکسید کربن طی فرآیند تولید هیدروژن شده و درجه‌ی خلوص آن را به میزان ۹۹/۹۹٪ افزایش می‌دهد.

1- Steam Methane Reforming (SMR).

2- Tugnoli et al.



شکل ۱- مدل سیستم تولید گاز هیدروژن (سیمبک و چینج، ۲۰۰۲)

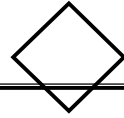
۲-۲- فرآیند گازسازی

در گذشته فرآیند گازسازی به منظور تولید گازهای ترکیبی از رسوبات نفتی و زغال سنگ استفاده می‌شد، ولی امروزه به کک نیز به عنوان یکی از مواد اولیه‌ی ورودی به این فرآیند توجه می‌شود (فرموسو و همکاران، ۲۰۰۹). مواد اولیه‌ی دیگر که برای این فرآیند استفاده می‌شود، شامل انواع بیوماس، یعنی همه‌ی ضایعات گیاهان و درختان، زائدات حیوانی و هم‌چنین زباله‌های شهری و فاضلاب‌ها، می‌باشد (وسترمن و همکاران، ۲۰۰۷). از بین تکنولوژی‌های فوق، گازسازی بیوماس از جمله پُر کاربردترین روش‌های تولید گاز هیدروژن محسوب می‌شود. در فرآیند گازسازی، طبق شکل (۳)، ماده‌ی اولیه ورودی به دستگاه گازساز با اکسیژن ورودی واکنش داده و گاز هیدروژن تحت شرایط خاصی (دمای C ۱۱۵۰-۱۱۴۲ و فشار ۴۰۰-۱۲۰۰ psi) تولید می‌شود.

1- Feroso et al.

2- Westermann et al.

" # \$ %



+ , ' () &

!"

, + # \$ # (* % &)'

3 4 5 # , & 2

0 , # ! -

: = 0 ! # 2 > <

8 (\$ 0 # 9

, ' B ; A # \$ / # 8 # 8 # @ /

> E (# % & / # 4

3 \$ 0 4 * 5 !

, ((< 9 # | % & ' , (" 2 #

L 4 0 , \$ # # K

, J (@

O F # # # ! 4

, ÷ & ,) !

((7 1 3 & # B = 3 (6 4 3

S \$ (

0 \$ # # > /

, # 1 0 !

, \$ (# , # /

8 # 5 7 # //

0 , 2

= # \$ & /

", \$

/' , 0 # 2

(Q #

N = % # , # R

8 0 @

W # % X

N 0 \$, / \$

3 7 2 # (R

7 !

% \ / (R *

@ Y

\$ # V !

X 0 (2

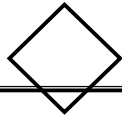
G 1 5 5 5

8]

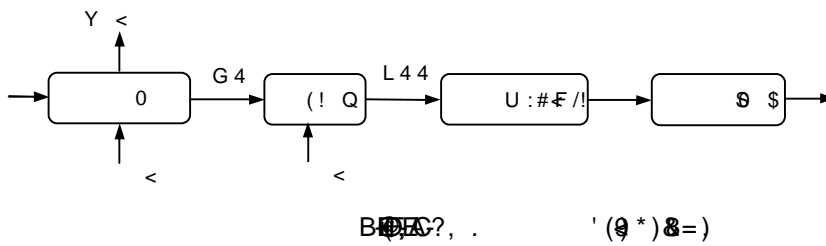
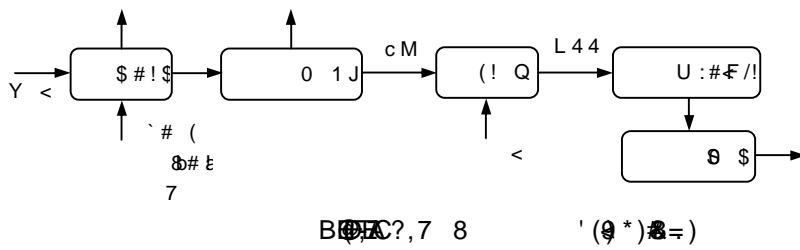
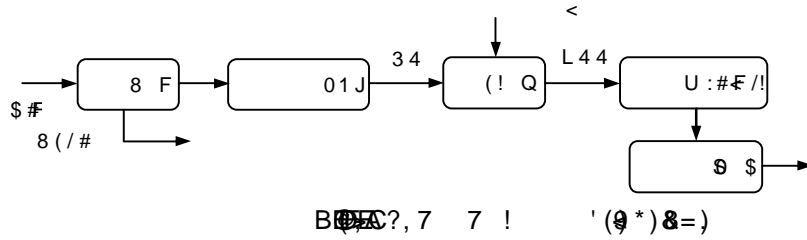
W , " , R (

0 , # 1 \$ # * !

" 0 2 ,] ; ' "



' , ;9=8 ' , 12 1(, 1!(. 2, 5 2 4 ((523 ' '

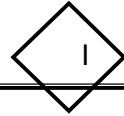


G 88#) -

d # >	(8Z(;	*#8/
# <	#(0) ,	##&)
80 f)	0#2#@	#Z\$[([
0, #1 ! #_# [!		0 \$\$#! (J
@ 2	F#2 # F/	g %, 2 &
G 55@	# ,&(';	O #A#F/

!"

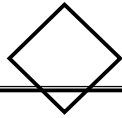
"#\$%



8 * Y 8 #/(# # 8,* Y
 b#G 5#L , (; (E!##R 2
 _#9 &(G5 6 j #G5 ii
 0k2,\$X
 m % m 8/ mr&/ G
 0# >/ / (2% m/ (2) < ?
 = #! 2 /# V' 7/# W< `#! 0 80#(9/
 m0Y2 / € 9#9! ! ,
 , 8 % &) # R\$ 8 &(21 *
 "/ #E!#0,2 (;
 @\(/ 8 #` #! #8 10 #!
 m 80Y# 0 , ("20! 2 *
 W , (/ K2 '%#D0^,
 , (2 \$/ # 0 0 9
 .## ; = 9/09 9 U500/9
 Z# \$(# , # #N R 3 (!/##;
 (# (r+N# F A #(-D , ;
 Z\$,/ Z0% , T , "!*R(
 0, (#21 ! 0 #10# ,
 8# 4 (1 8 k L
 1 % X E ## (& 0 , ## (' !!
 8## R , #! # # 2R 0 / 23*
 8 0, 10 1^ 8 \$ 8 1!

" <

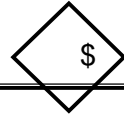
\$ #
#! #
!



' , J9=8 ' , 1 2 1(, 1!(.02, 5 2 4 ((523 '

7 #	#(S)K#	# #M
/((& /	(((2# *	(' 8 , <
0 , # 2	7 # # 2 ^)	# h /
, , (;	0 , 8 2 (;	# 0 , 1 0'
# /	8 , (" 2 # /	, 0 / (o < 9
# 2	# * !	# 0 , 0 # , 2 ' 9
, (2	: 0 2 / 2 0 ;	? 0 h # V 9 !
8 N 2 (;	9 M (S) K 2 (;	9 M X t
, # # R	M X # K	, # N X / R
	, " *	M X +
X / ( \$	] # & / +	0 / (S # \$
8 @	: 0 # 2 \$ '	0 # # J & 2 0
22 # ,	= 8 \$ # , + /	0 1 b ,
8 3 M	0 (2 # (	8 / # M # \$
, (2 *	8 2 # %	N \$ # 2 #
		G 5 5 & *
) (#	W (S) , '	\$ 0 # 5 / ,
# # ,	0 1 & # _ (^	0 0 # (# 1 !
0 2 ' #	7 # 1 % q (^	* \$ # , K (;
0 , # 1 / !	# ! ,	* # \$ &)
# ? , ;	0 * # / 2	/ , (2
8 # F 2	u # & >	# X > 0 2
		' 7 & # ;
		' + 0 #
0 , ;	0 # # 2 9	V 5 & # R
/ , # (\$	\$ #	\$ # * 0 2

"#\$%



S # = R R R 3 4 5 6 q (

& A! \$, : 8 m

(@% /"(2#!,# 2 g F## (*

#! # B' &) ## ## 2

' WA 2\$ <

K 8 ()&

D # ! (/ 2 1\$*

! , # B * !

\$ # (_ 0 ## W ! , 0 \$ \$ # *

\$ # ! \$ # * , (\$ # (! \$ # ` \$.

, \$ # ! \$ # 0 8 # q ! , 0 - ## 2 ,

0 \$ \$ # \$ # \$ # * 0 0 # q ! ,

(! Q & , \$ # \$ \$ # \$ # 0 1 J

_w#() f @ ! # \$ ' q & U \$ # \$ (!

A \$ x (! % 2 X S \$! # &

7 & / , (: < \$! 0 , 0 ## ! ! ,

3 6 # 4 i & # , < P \$ K

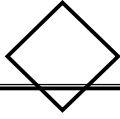
& % \$ \$ R

\$, R (0 # (# - ! , y (#

\$! =(0 ## / ' ! \$; 0 # % # - ! ,

" ! 6 " ! 6 e - \$ # P # 1

() * ++ % ()



!

(% #&' "

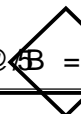
)
/ 0 { :) +) * # (\$!"
4506+	# !4 2	
*	: 4	* + ,
; * } = < -	) = 0 7 # @	
	/ 0	% 0 - 0.1/
	#	*
	E # ! 9	% 2 3
	(	% ' 5 6 "
	# S A	7 (9 1 7 8
	H H	% /
M	K ; ! @ L E	4 / 4 4

# - - !	' # @ 0*	% 0 ; 2
# - - !	N 0 H	) # # 7 F * %
# # - -	# > F ; ' P	# (G) + 7 %
I - Q -	# ' # - 6	I H # I O !
E ; * - \$ R	# #) * " "	# @ ! *
; W -	# - - * F 7 %	# @ 2 F " G
# - - !	# 9 5 ! %	I * S @ T 0 -
0 R < -	* # - - -	' # @ !
- J P 1	I / M Z - 0 T	0 R ' 0 R X
- #	- K J - P 1	# # - P 1
H * - _	; N ; 0 H	\ I [X M
[- * '	# [!	[] C P Z 1
D N'	l a b @ 0 R < X	; [N @ #
		# @ R !

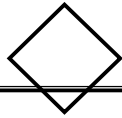
GHI!

#D*ED

/ 4 @ *?A@B =>C



#G	# Q !	H HNF Z
# -F #	W Z 1	* c ", 0
' = *	4# & '0 +	) 978%
		% ' " \$
I P 1	H C P * ' !	# # ! < !
# - - !	# - G g < @ ! X	-) (D I Z 1
F O G	h # G " B	# @) g # @ ! X
j k & F	' J < V d	* t 0 '
# - - %	# - Q	# i M P %
I : * -	I @ A ! ; * < '	:/ F O G
	# = < 1'	>) g r 6 #
		' , ' \$
-	F # 1	# # # < !
E , -	H / O B K * !	H O N D O %
) A -	' # G # - 0 - n B	) & ) & G
m - - > G	# / - # ! -	# @ 1 * ! 1
/ -	* ; * @ - 6	# @ ! *
	=	# O A / d !
		J * / ' \$
# - -	) I - C	4 0 # *
I H - _ ' -	] * < / - F # ' -	# @ *
S - - T	> - ! h & P ' -	f p v - p B
- 5 @ ' -	#) * G	# M ' -
* & - 0	h 1 # ' B	I * F ' G
I / - &	3 f & * -	6 4 0 # * G
		) # L !

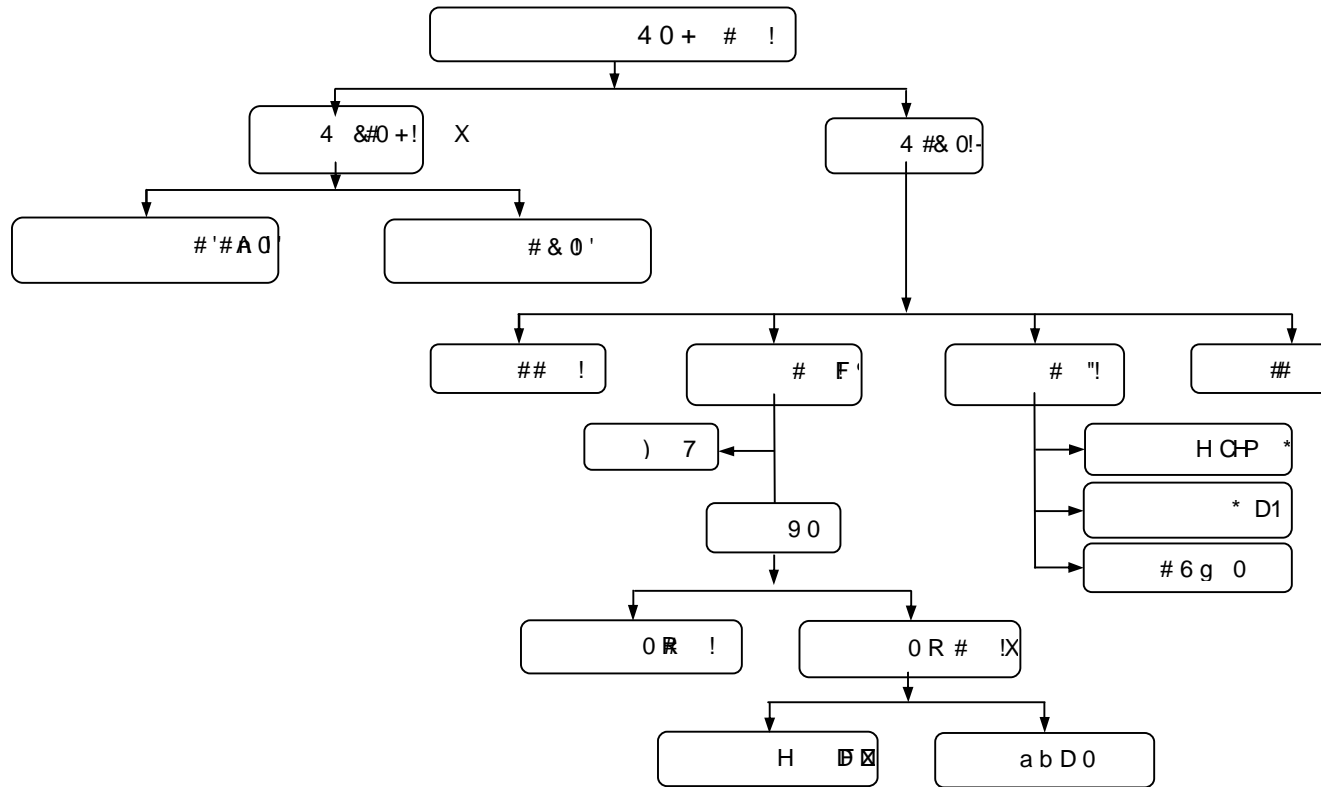


= G

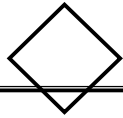
/ 8 0 K * / \$

; | * -	# ' ) A + 0'	* # # P *
#	* = r. g \$	2 ; # D
/ --	# - l n ; 0 ' <	# - = - &
# 1	) & ) * & : 0	# H 0 A @
| - @	# - ' - n A 0'	# | G ! < / T
## -	#) - M ! + *	] # | 0 F %
## 0 ' !	0 # # *	H) ; 0 0 1 0'
-- G	# - - l n A 0'	) 0 # F ' "
		# " @
- -	5 4 6 # - + !	H / F < 0 T
! # - #	K F * / # &	@ # <
	* = P R	# 6 # \$ ' ! A n

;



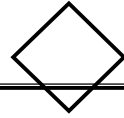
E * N , ' 2 \$ (



= H

l r * '-	) 7FB-Dg'	1206<T
# - *	44&800-+++ X	# #<#@ n
; NMG +	4 0 J+; <	# 0 j* /#
) => n'	4 �&10'	# l)!
))= G	H@2B	4 � #!
- -	l #' #	# @ 16
- - @	- - G -	# @16!G
) - + - %	# 10# 6!	) Z =G
	* u<	/ #S Z T
$\frac{f}{f}$		M
-	4-0F+% ; cID'	# Y* 1Z
# -	# #P-!\$	/ 0 <# =*
# Q	/# 2FF "	# #'* &Q
# ' - -	# #Q !	##")P*
4l *+ &	+ @ &	# /#! * =Z
* = <	# 6 l K	# ' ## @ !
# - !	; *#-L 0F %	@) l ! G
#K-- !	/ # Z	! /-# Z
# - !	0 F #F "l- @	) @ F %
# -	### & \$	w#-6 F %
- G)	F* F # l C	# @ l !
GM	@)B- l	## # F!%
	! = Z	l K6 +'
& 0'	# #)! \$	/K 0 1.*
y#- *	# - H Z	# l! # 0!
		UP
		y/

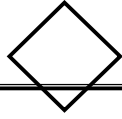
\$ % &



#	!"#(\$	\$ &	!\$#/\$\$
	/ 0&#&	\$.-),+	*)
!"# \$	"\$0# 4&&		(\$), &
	= \$ 6#	10\$5:)&	6 \$ 57 8
	0) A & 2		"? >)4&
F \$	\$ \$ E C &		7#B <
	) G \$ 5 G		= # 3 2 D
\$ &	1) H \$		E \$ # \$ 2
	= (% %		! 1 # C
J \$ %	U \$ 4 &		H (\$
7	\$ 5 H \$ 5		B. \$
O	M 3 + 4 &		? #) \$
E 3 #	P 3 0 +		E (H \$ 5
- 5	= > # \$ 2		M #) \$ 4

0 = 9 N

	\$ 3 - K G	3' R
? U	= S 4 E D	\$ 3 5 R
E !	\$ V K	= ! 6 (
	= X V	(S \$
@ - A L	= (#	3 !) = ## \$ 2
H 3 <) C	" Z # 4 &	! " \$ % &
37)	3 = ! D [6 R	(3 5
" 4 &	H = > ; \$ % \$ 2	7 > # ;)
	\ 5 (<	S) #



+) 13 55 +) / * / , / , 10' * .) - * (+) , * ' +

! (4 & F # \$ (X
 = T S) ! # = #
 H H) \$ 6 ± ± = A & # \$ 2
 \$ R & X O W X ! @ # A \$
 b A 1 \$, K \$ \$ B Z # \$
 = I C 3 R # C C ! " # \$ 5 .
 ! # + # ! " # = \$ 3 7 + 3 C _
 7 \$ 5 4 C _ ! = ! \$ %
 - 5 5 # \$ 2

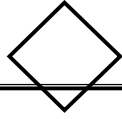
! + ' H C % ! # + ! ^
 ! # + # ! " # U \$ \$ & ! = \$ 7 \$ &
 9 & 5 5 \$ @ K A L 3 ! R # K \$
 # 3 ! D # \$ \$ \$ H \$ 5
 7 \$ (! = \$ 1 \$ & \$ H H # Q #
 7) . \$ = \$ K # # # J \$
 ! " # \$ H \$) , & \$ = % # \$ 2
 \$ \$ # #
 7 3 5 + I A \$ # \$ 2
 1) , " # % & = + *) # \$ 2
 \$ - # H \$ 5 \$ M \$ A \$ &
 ! *) \$ # A \$) Z # # 5 ;)
 M (D & = # \$ 2 G +
 \ 5 \$ 5 = D < [# # \$ 2

! \$ % " # 4 & † *) V K
 * 3 C = # \$ H \$ N g K

H' \$! % g K	ESY ED&	4# \$ R%K
(	# \$ Q 5 R	E7D #*
" 4 &	!" # \$R (&	U# \$ Q
"! 9 4 &	> \$) &	\$i = - %
\$ &	U . T [	U , (&
k 5 G	=! € " - 4 %	! \$ # \$ \$ (&
(R	(R	" \$ \$ 5 \$ &
7 7	"! U 4 &	13 \$ - <
	H \$ 1 \$, 6 C	\$ \$ &
		\ \$ 5 # \$ 2

@ / A L	\$ " # , \$	/ U & (&	X
#	" H \$ (&	= \$ # \$ 1 8	
	= " 4 & \$	H \$ Q) & = T	
	\$ - 3 * 4 &	3 ! R # \$ Q	\$ \$ 5 U
@ A L	3 @ L 4 &	i = & # \$ 2	
!	\$ ' 5	! 3 E \$ &	
(L	\$ 3 g)	(7 1 &	
= 7 # \$ 2	7 7) . 5	H i " : + @ 4 &	
		n \$ 2 U	

!" # \$	\$ \$ 3 & &	7 7 H \$ 5
\$ 1) K &	H # ;]	H \$ K &
	\$ * A t e	= R \$ \$ 2



+) 13755 +) / * / , / , 10' .) - * (+) , * ' +

9 : 8
 ' \$ 3' J T 3 # 9 , [
 H \$ 5 45 # T 3) 5 \$ 5 G
 R ei + & * (
 \$ K 7 9 ! " # \$
 H \$ 5 \$ 7 K 8 \$ 10 #) A L
 =

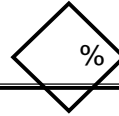
9 " C B 3 ! A ") +) * @ , > ? <

?) @	+ E , > ? G G F	+ E , > ? # G G F	@ I , > 3 K) #
3 D \$ A	b] Y] p p	Y ` q Y	Y - ` (` -] `
7 \$ A	b] Y q a p	Y a h p	Y - a ` - q
' ' \$ A	b] Y W p p	Y Y h p	Y - ` ` - W
	b p] l	] p	p - r a Y - l d
c 9	b p a W p p	` r q p	p - `] p -]
b 1 A	b p Y Y]	Y p p	p - Y p - `
E I \$ &	Y q Y] p p p	Y] p p p	p - p p - p
H \$	b p a p p	` Y `	p - ` p - W
H \$	b]] q	W h	p - l a Y - q

G G G %

) # e G \$ D D (&
 ! K 3 & @ N S L 3 & # \$ 9 5 T
 Y q u p \$ 7 # 6) 2
 3) C 6) B H) \$ 5
 = A I O , R = n D h e)

\$ % &



e 8	I' # \$- R	H) \$ 5
	3 ' # WR 8	3 # CS 5
\$ (		\$ 7 HK &
H \$: &	H Q)	\$ 3 D Q &
Y q W	3 \$ # \$ %	w h SP T
= e	7 CS %	> g W # \$ 2
Q	Z R 9 &	7 (3 .
%	3 = R 9	7) CS &
	- 5	H W \$ %
		H W U) + \$

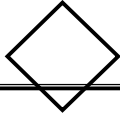
9 " > O/A

3 4) + / *

9 L / / > + <

H F, > ?	+ E, > ?	N 3 ?	+ , @ M	9 O /
Y - p a	p - p p W	`] h	3 D A	3 D A
Y - W]	p - W	Y I -	')	')
` - r	p - p l	a h -	7	7
p - r	p - Y	r	S	! x ,
				) , ) 4
p - p p - p p - p			3 D A	
p - p p - p p - p	! " #	! # , ! #	')	
p - p p - p p - p		p - p Y p	7	
p - p p - p p - p			S	

\$ % & '



!

/ 0 - . *) + , %				' " (\$ & "						
1	2	3	)	)	)	7	'	'	2	%
			4	% 8	0	/ 5	/ 8	'	0)
										\$ % "
	) * 4 %		2	2	2	2				/ * (3 1
	/, - 0 7									
	8 9 7 5 6		2	2	2	2				8 9 : 3
	≈ ! ! =									
	\$ 2 ' (4		2	2	2	2				\$ \$ A
	\$ * A : 1									< ! " "
	, DC						E	E		< ! 1
	A1 # =									; (G 4

) (A ! @ =

& ! # % "

J, K, B A C 1

B) S \$ @'
< (\$ IV. 3 * "

;! ; # " % " " L "
\$ A 5 (8 " @

> @ E D 3 .
- 1 A < 7 D % +
= (A ' ((%

/ 0 - .)		/ % / 5 8 0 \$ 2 "		
			\$ \$	" "
!	%		%	& ' () *
"	" "	" "	\$ \$	" "
" !	" #	" "	" "	& ' +
#	##		##	;- . / 0 1 -

FGH!

AE-D

0 ' <+><E

9?

I \$ 0

) S: DD	< \$SWS S.=	BBS ST
)6; " L	J < \$W("!"	< ;AID& 4X
; Z 3(SS *T	7 5AB YII =	< A :\$D1
< W< SA=]	J)+ [('P!"	\$ \ [(B!"
S A # =	< V< (A6A1]	J 7<W(3!1 =
\$" (B	`7JW# D11	^ !DA=331
7 "# SS1A 1	!!< O=3!"T	Jd XE AXI
g SSR="S L	UbaN10 "	< !<U(C! 1
5S(Y	55 XX3YYM(4	N< 3F=
J \$ S'AD# =	J < A "1#F	7 W HJM B
!< O=3+ "T	>XW3-T" =	J \$ < A A #1=C
^ \$ A (:	+SSD!"	> \$ EN\ T
S D 1	7 BV< \$ (G=L	< W<S"N=A]
3L "	;AQN "+D	X(RASN16

J -) =

!!"# \$% & '% (

*) %' & *) +& & ' & , (-(' & .' &) \$ & *
 * \$ & * 0'%1 1/2 1

3 & 4 \$ & * 5 & % '8 7% & ((9/1/!

!::1 :1; " " <= ! :0 (/%;0 % > ?

8 ' 9 % \$ @ !& # *) & * @ \$ ' \$ & (

*) & * '% & * ' & ' & 9 *\$ &

A 9 *

B) & % 5 *) << " &) % ' & , ' , *) &

+ '% \$ & & & ' & ' & + &) C

%) '% 9 ' =2 "< ;

+ & ' B A D) %@%EE & ' !!& #9' ' * (&

) &) % ' & 9 (' & &3 & ' & (*) &

\$ & * // :/: = 2 :/ = ;

FGH!

AE-7D

0 ' <+> <E

9E

5 5 '& &) + & !! # A * @ &) % ' &
(%)(& - 8 \$) * & F'
\$A @ 0 1! / :!=

C % , , B' ' C 9 F5 & @) @ K & !! " #
A & ' & @ F) (& *) % ' & + % & (&
9 F) @ &) % 3 & & ' &) & (\$ & * // 0 !
0 :=

. 1 << " # @ ' & &) + & & *) & ' &
& 9 \$ & * A 9