

JYSçãÑÑs ys-vÑÓ yÓ ÓÑŷ SéÑ# # úy# #úy

' » Ç ÷ Ûµ ±± ç g E-KÉC ± >ñ ?

M \ lP w@ã ~ wM"Wª w{ 5

%, Û7WŞ 7WV T " !>7W' K•"!Çžü „ Û œ0B! !B 0

...œ@Áµ & : o óKó: >ñFKÉ° '- (Ü° 8 ç gC ±>ñ? K MÄFô*U: >ñFKÉ° '- M±1)3 æ' w /øKÉ° '- E→Ý í "x N, w£ @@@Í³ ' » : >ñFKÉ° '- E→Ý í "x o=ç kü Uç •& wü ù =ç žKÜ=Uç ù › wüwç žwç öÖd± ç gC ±>ñ? 0Ä" A 0Ä" 2 i " >ñ? (Ü° ' Ng ' -mWfô*U1Ä2 KóJ %C~ r " 0v &KÉ° '- E=yM±1)3 w£ V*U13i" 0°E6' (Ü° Z NC ±%æw KÉ° '-] N=yC ±C .è - < g, 4 * • w& NC ± â ' KÉ° '- E=y,%Ñ í "x ; C.è í "x W 0Ä' : >ñFKÉ° '- (Ü° 8 ç gC ± U Ç±C ±>ñ? (Ü° ÷ ç g T6*3ÓÇ8 w ,L4 É=• ; Ä 0Ä" 6* EL>ñ? ' & ÁE-KÉC ± wA 2 i 1žÓT < ¶ • > Ó í ±±@ç & 0Ä" T6* 6 ; k ž ú € 2 i 1žÓg !Ž '] w¶ • > Ó g !Ž '] # w k9,,4V 7W8 £ 6 u ü >C ±%æw W'@Í³ A 0Ä" ±±6 u T

œaj| œ@Á: >ñFKÉ° '- E→Ý í "x ç g C ±>ñ? 1Ä2 KóJ 2 i " %C~ r 13i" Z + 31" \$ Ä@Ç Ž œœœœ' ([4 -. Äöœœœœ' 0 4C\$ ÄB!!!K@%! 0! 0! 0K0 K

œœK¼m) 7W 7 Ó - \ ±±p , " ç g ±±*UEA
÷÷ G d C %È , M³ Z ° " =yú L\$Dèp Ô &Ó /@
=Úov (Í " = g/Ş E c6 ±± J[" • ÷>*UM³ ZK'
³ E=y*b È í &É8œä "? C " ° E *U » e- ; - TM
Fù| - "n±±DýDÀ±p -AM³ Z V*U° 8ä • › E
=y)3"x4 0v %U 6 T Á*UM³ Z " ç gC ±>ñ
? \ L->@ à±±e ðK MÄ%

C ±>ñ? \ >@o ç g U\$ Bã! Ç3ÓÇŽ #
8 " (« û J ø%ç , 4%ç BãT6* 4 4±± - EN
=yC ± ß°%& ç g59? - "6* S ¶ • P u] CÆ-KÉ
-° - \ ýP ç g V*U(' ±± J[% ' € z NÄ@±
, 4 \ ý ' £ @@@Í- .ú ç g UKÉ° '- (Ü° 8 E-KÉ
±±C ±>ñ? 0Ä" %

ç g C ±>ñ? 0Ä" , z -A/£ Ä D°#
' 0KÓ" - 1ž} 4Ñ0Ä" &@4Ñ0Ä" &öM0Ä" 0v %s T
G • " 52t @KÉ° '- \ >ñF±± "KÓ" - 3 • & • %
. ä - 0v3 E g Z . 5î g 0v u g 3 £ &>ñ? g
E =yM±ñ? " V*Uf E ç ì g" 8ä Ä #p±± N
C ± "°% üç øv g -A/£ ç g L\$DèñE- "3 L\$Dè

0v u g 3 • .@N g "£ ' » ' 4! L•Fô*UN E-%
0Ä" È(Ý³ C ±>ñ? °%_U0v,a lµ &C ±>ñ? ý
' 7 E/ Á;@ (E C0Ä" £O'@Í³ A 0Ä" ±±6 u T "
s ò 3KÉ° '- 0v u g 3 • .@N g ' - • .@N g 0.ú
0- CN , " &KÉ° '- Dæy 1)3D°g)3 C @°% 7
' ([Z &(Ü° ±±t @EM=>ñ? /Ş K!Dô»)3 " ; È
Kr: 0S%50;~] (Ý È(Ü° ZKÉ° '- G g : >ñF • 'ä
A - - 3 ç g >ó%BU%æ)3 ",! ÒFô*U7 E æ'
@» k9, - TKÉ° '- m"â, 80! 4 59 ž ú >ñ? 4
É " ' 6² f E %Dp; 6 " 52- ø-A/£ : >ñF(Ü
° 8±±C ±>ñ? ß³°%a "ª TM0vDý*U Aèøž=+)3
@Fú±(Ü° "3 ì 6 : >ñFKÉ° '- 0v u g 8 Ý W3
±±3ñ5 °%AOR*L0vFô*U HdUj " 3L< %GDæ
žK-g - , g %GDæ °%î ü0v 3KÉ° '- - , =
3 • .@N g £ ' » Ákù ç + E C³ >ñ? ±±C
± ß°%BkRL 0v ý ' V*U7 Ö@ðX % • C æ < &
KÉ° '- E =y>ñF C 1)3 " ' g ' -m>ñ? - E
C ± ß³°%

lµ &(Ý 60Ä" " & : >ñF(Ü° 8 C ±E =y>ñ

c/l L Ä!B K K
' FpM, Ä ä7 &çp " ' Fp%ß" @ß ßo; „ Û7WŞ 7WV T " -A/£ *L H Ý '] %ÈO'Ñ o- k ' Fp%:!!ß! @ dBqÖ
%520- ø ÄM \ lP %ß @ ð o", Û7WŞ 7WV T " œA/£ ... "ž "Ş Z ÑEGŞ 6* C &Ş Z ÑEGn)3 @ç +p Ö - \ -A/£ %
EG %52 ÄM"Wª %ß @ ð o", Û7WŞ 7WV T " † µ "h>@Ü , /Ş Z ÑE@!3-A/£ %œ6Kj Uã ð žkdL=dLk @ žüUž üžüž

?+±4gKα"Y´ h>@A/£L• > G1" , : >ñFKÉ° '-
 +±C ±>ñ? - \ %Y´ @@î³ - .ú' » : >ñFKÉ°
 '-E→Ýí "x %ç öÖ± ç gC ±>ñ? 0Ä" "3C
 ±>ñ? 3 gKÉ° '-M±1)3 1 GDæ KÉ° '-E-Ë í "x
 QF 3 %NÃuFð*U 2 i " &>ñ?/§ E =y' N"4
 5 2 i ? 3 4 É &KÉ° '-E =y4) 5 M±1)3 "2 '
 »1Ä2 Kó±T • KÉ° '- GDæ C 1)3 && GDæ %
 C ~ r 1)3 &¶ • > Ó 1)3 +£ N4 5 L • , -
 @ðU 1)3 ; +±KÉ° '- (Ü ° 8 V*U 13i" E6' (Ü °
 Z NC ±%æ£ & GDæ KÉ° '- 1 C ± â E =y,%
 Ñí "x 1 C.è í "x0v+- ; E =y' » : >ñFKÉ° '-
 E→Ýí "x±± ç gC ±>ñ? 0Ä" +±, ,L "O1@î³ Y
 ' 0Ä" +±6 u T "9 # 3 ½' - 5E/+±2 i 1¿ Ó T
 < 1 ¶ • > Ó i %

Ó± (Ü ° ' N ÷ KÉ° '- M±1) 3

ÓÖ± 2 i " >ñ?/§ ' N
 ç g 7W# U -,! æ> : p*LP Ó C"´
 Kcâ ç g U 64!/§K!+±DýÖ 0- , ,8 ‡ 1 4! L•
 +±DýÖ %
 t @ë ç gC ±>ñ? - 8 Ž # - â±Bαø%æ
 , +±%æ4) +æ ç g'-)3 T6*3ÓCE%ö - TD™
 >ÿ & <N =y' J-+o+e : >ñFKÉ° '- œ+ ç
 g ÇP 7WA >ó%BU%æ" ç gELÓ• Ç %
 3B%æ 3ð%æ 3i %og- • &>ÿ3i "A - •
 1 4!C ±>ñ?/§ % Bα%æ ì %æ • J-Dæ± x
 Dì &æ Dæ± y Dì ' /ø, ! >ÿ } 42(%4 5'-) 3 T6*3Ó
 CEï • & >ñFKÉ° '- 0v œ -> Ç 2 i 1¿ Ó ±T
 < N_{kø} %F>ñ?/§ ? 3 g u × v W2 i "3 2 i
 M%æ%og ² E6±N =yC ±%æ"v ±±@DÄ< - %ö
 2%ö<

$$u = \hat{e} \left(\frac{x_{\nu} - x_{\nu b\nu}}{N_{kø}} \right) \quad \%ö$$

$$v = \hat{e} \left(\frac{y_{\nu} - y_{\nu b\nu}}{N_{kø}} \right) \quad \%ö$$

< Z á %ö y_ν o g , +±%æ 4 + %ö y_{ν bν} y_{ν bν} o g Bαø
 %æ 4 + ê%ö g7 Ç v * • "Ç v g
 ê%ö = { x x â . %ö
 = V₀ + β x α . %ö
 < Z á %ö o g i * • +. g i • Kó5 %
 Y´ Fð*U, ! >ÿ } 4" 4 @ö i z 4) "2 i Z (

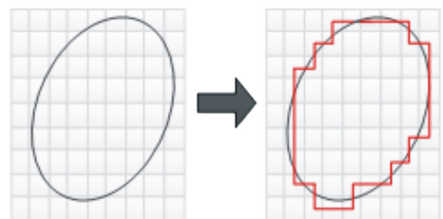
<%æ±} 4 9 2 i } 4 % + β g 2 i 4 @ö < + %

(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)
(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)

+ βœ! >ÿ } 4" 4 @ö i

Ó± T • KÉ° '- GDæ C 1)3
 LG1Ä2 KóJ & T • KÉ° '- GDæ C 1)3 %
 £ æ" \ â Ç T • KÉ° '- C! 23i mU 2 i ÷ £
 Ç z %æ 6 M\$# lµ Ê NE Ò Ç z %æ m Ä GDæ
 gKÉ° '- GDæ C 1)3+±4 É % + 0g T • KÉ° '-
 DT C g GDæ KÉ° '- +±4 É "α € ' OÑ 8 %

i wqβœ Ç T • KÉ° '- S+±C! 23i L £ > '
 23i-> Ç 1 â 23i l_i mU 2 i "/ E È 2 i g 4 @Ý
 2 i £ @Ý_{og} " 4 @Ý i +±Z ð %æ Ç z %æ @Ý
 %œ_i "£ Z i g C! 23i+±â • +
 i wq0œ-> Ç C! 23i 4 @Ý i Z3â } 4 - T
 +±2 i % W• T » O"FE6 W} 4 <+±2 i o £
 @Ý 2 i } 4 g g_B %ö y_B o"/ ' 2 i g h 4 @Ý
 i "É N-> Ç £ 4 @Ý i +±} 4 "3 X @Ý_{og} %ö
 y₀ o"- "g_n %ö y_n o"£ Z n g L m • 2 i +±W• +
 i wq œ û h 4 @Ý i - ø ÊM\$# lµ N ¼E Ò
 2 i g_B "g₀" - "g_n "g_B +±Ç z %æ_B "e₀" - "e_n "e_B" GDæ
 • e_{B0} - e_ne_B KÉ° '- S+±GDæ C4 É "S) e_B"
 e₀ - e_ne_B %



+ 0œT • KÉ° '- GDæ C 1)3.g < +

Ó± & GDæ KÉ° '- %C ~ r 1)3
 Ç v Óœ- , GDæ œU 1 4! 2 i Z -> Ç G
 Dæ 1M%æ±} 4 "û h 4 @Ý i - ø 6 M\$# lµ æ
 > @Ý M%æ p_B "p₀" - "p_m" £ Z m g M%æ V • %
 E6 0 Ž Dæ p_ip_{i+B} 1 p_jp_{j+B} "8 \$ Bà 8 (- Ž # â± '
 QDæ , %Ñ +æ ' QDæ g EðDæA, %Ñ » - %æ F
 / ' GDæ g0- , GDæ %ö %

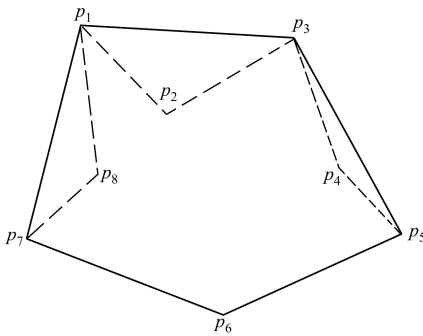
Ç v #æ GDæ ±± & %æææ0- , GDæ Z (E6%Eè 0ŽDæ p_i-p_i 1 p_ip_i+ß "8 ' 0ŽDæ =±±² >y T » ß !° " F/ MÆ%æ p_i g & %æ S F/ p_i g %ææ° %

0Ä" I 20C ± #8 C ± %ææ ' & g " F g 1 = N=y (Î 8 - C ± %ææ "N .è & g %- æL• " & g G ž ú ç g C ± ± ± BU F ü - 7W8 J-+ - æL• " & g G È Í u C ± %ææ F ü E 59 ž ú ? 0ÄELÓ %ææ C ~ r 1)3 ' ONĪ 8 %

i wqßææ→ Ç & GDæ F ± ± MÆ%æ 4 p_ß "p₀" - " p " £ Q Ú 1 MÆ%æ ± & % T +

i wq0ææ û ý %ææ ø %æ p_ß o" È NE Ò £ † %ææ %GDæ p p p p p p p p g & GDæ F ± ± C ~ r 1)34 É "F) p p p p p p p p %

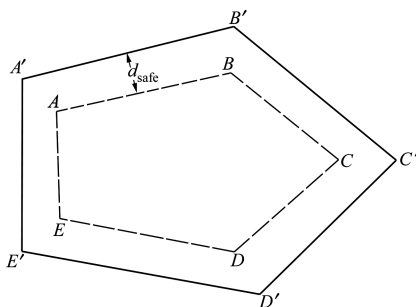
+ \ & GDæ %ææ C ~ r 1)3 ± ± 4 É %



+ æ & GDæ KÉ° - %ææ C ~ r 1)3.g < +

ÓŽ# GDæ KÉ° - ¶ • > Ó 1)3

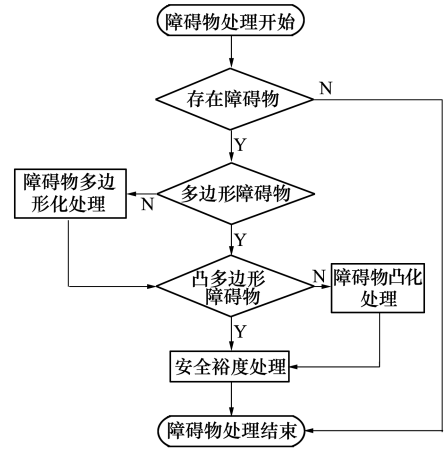
7E 1)3 ; : >ñFKÉ° - t g %GDæ " & £ E =y ¶ • > Ó 1)3 D°æ @% - + x m.g "ABCDE \ Ì GDæ KÉ° - ± ± 23i % . 23i • ã : 9 # 3 1Dæ C /(¶ • > Ó d_u " 1Dæ # J-3i ! = ± ± GDæ A'B'C'D'E' ¶ • > Ó 1)3 ; ± ± 4 É %d_u ± ± T < *^ 2 i 1ç Ó & ç g ± ± ¶ • K!KÁv à Ç %



+ xæGDæ KÉ° - ¶ • > Ó /ø.g < +

ÓŽ † : >ñFKÉ° - 4) 5 M± 1)3

g - ç g N =y C ± 6*E - Ë Kr : o KÉ° - (Ü ° A ý P 0Ä" !o? u ("L- & : >ñFKÉ° - E =y - 2(DM± 1) 3 %4) 5 M± 1)3 "n/8 >î + "%



+ "æ: >ñFKÉ° - M± 1)3 "n/8 +

#‡ : >ñFKÉ° - E → Ý í "x

#Ž‡ ² Eñ =y C ± %æ KÉ° - z 4) í "x

g → N =y ¶ • "² Eñ =y C ± %æ 6*9j ' G Dæ KÉ° - g ² %*^ » Y ' KÉ° - 3üDø¶ • > Ó 1)3 "r 3C ± %æ J KÉ° - Dæ7 • g %ææ ,L È KÉ° - 0 - ± ± CF £ 3 ç g UKÉ° - Dæ7 N =y,8 ‡ \ ¶ • ± ± %Y ' Fö*U 13i" Q Ú 2 i MÆ%æ ² E6C ± %æ \ S U GDæ ² F 4 59 à Ç MÆ%æ S %og N C ± %æ

13i" ± ± ì)3 \ %ææ g 0 %æ > æ % 13i L % g KÉ° - \ 6*y ± ± "m L ± ± 0 U GDæ C F %d_i ,m 13i û Ô - ,8 "€ 13i 1 GDæ 0Y- N, %Ñ #E ' GDæ ² F "U 0Y 1 N, %Ñ #E ' G Dæ CF " - ' x (Ü ^ Q Ú %ææ ; GDæ ± ± 2(%€ 13i L 1 GDæ ± ± Ñ %æ , n \ t • # %ææ P z » GDæ ² F "n \ £ • # %ææ z » GDæ CF %ææ %

>ñ? C ± # A ' í "x È (Ý N =y C ± %ææ E - KÉ° - 0 - "0^ K' KÉ° - ² F ² E6C ± %ææ Kz { ² - , C ± %ææ , " 9 # ü > 0Ä" I (C ± # K! " ý P I 20 u (%

#Ž‡ ² Eñ =y C ± â ; KÉ° - , %Ñ í "x

L • , Z3i â ; GDæ ± ± 2(6 0.ú ßi â ; GDæ , %Ñ ßi â ; GDæ : , %Ñ %GDæ ^ 3i

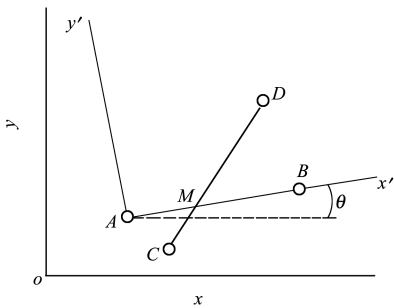
âNĀk Ê NE Ô59= " Q Ú3ì â ; GDæ \ S,%Ñ
 DTĊ g Q Ú3ì â ; GDæ 1 Dæ S,%Ñ %8 3ì â
 ; GDæ (< - Dæ%Ñ " F3ì â ; GDæ ,%Ñ +S F
 3ì â ; GDæ : ,%Ñ %7E Dð8 Z Q Ú Q3ì â ±±%
 Ñ T \ J| - ' %

@ĐÄg + • " Z í "x Q3ì â ,%Ñ±±æ" 6 µ
 G " >Füö ... " %Y ' Fô*U- .ú0- ì æ" ' Q Ú
 Q3ì â ±±%Ñ T " ì)3>î + %E6 KÉ° '- (< -
 ŽDæ@Ý%AB " ç g ² E6N =yC ± â @Ý%CD %
 0 %æ g ì %æDæB ±±æ > g o'x' Dj • æ > ' /ø ,!
 >ÿ } 42(x'o'y' " F } 42(x'o'y' ; ì } 42(xoy Z
 %æ± } 4 D T M 2(< - %æo 1 %æo < m.g

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\theta} & \beta^{\epsilon+\beta} \frac{1}{4} \Rightarrow \\ \beta^{\epsilon} \frac{1}{4} \Rightarrow & \dot{\theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_A \\ y - y_A \end{bmatrix}$$

$$\theta = \arctan \left| \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \right|$$

< Z âθ g ì } 42(ox Dj ; Ý } 42(o'x' Dj • æ >
 ±±f >ÿ * g Q Ç2(• " € ox Dj M \$ # lµ ø D T M >ÿ Ä]
 o'x' Dj # " ε ! " S F ε β%



+ æ8ì â ,%Ñ í "x ì)3+

Ê > %æo 2%æo < -> Ç A "B "C "D U x'o'y' Z
 ±± } 4 %@Ý 3ì AB ; ,! 3ì CD U o'x' Dj 7 ±±Ñ %æ
 M "8 9 # \$ Bà 8 Ž # â† y'c > ! & y'd < ! %C y'c
 < ! & y'd > ! o+æx'_M ! +æx'_M j d_AB " F3ì â AB ;
 CD ,%Ñ %£ Z "y'_c "y'_d 3 X g C "D %æ l x'o'y' Z ±±
 3â } 4 "x'_M g M %æ l x'o'y' Z ±±W } 4 "d_AB g AB ±±
 J-Ó %

EĐôQ Ú ç g ² E6N =yC ± â ; GDæ KÉ°
 '- 1 Dæ S,%Ñ Q Ú 1 ² E6C ± â \ S>ñE+KÉ
 -° '- "E 59 ÿ K' ; KÉ° '- ,%Ñ ±±C ± â 9 # 0^E6'
 ; KÉ° '- : ,%Ñ ±± ç g N C ± â %
 #Ž† KÉ° '- ; N C ± â C .è í "x
 ç g - E ' KÉ° '- g C .è KÉ° '- DĐp

@Ñ ç g ¶ • 2(• { %E .è KÉ° '- ±±C ± â 6*
 È Í ç g ±±¶ • 2(• ý P £ * L ..("E 59 ý t 1
 = (Î ±±= ì (' %r >ñ? ç g C ± #50; ~N =yC
 ± â C KÉ° '- ±±C .è \ ò >æ±%

Y ' Ç v GDæ KÉ° '-] C ± â ±±C .è d .& KÉ°
 g KÉ° '- 1 M P æ ,] C ± â l ±±m 6 C .è Z - < ±±
 C .è "

d .& KÉ° %q = x d_{p_{\sigma^l}} " d_{p_{\sigma^l}} - d_{p_{l-l}} W %æo
 æææ @ @ KÉ° '-] ç g N =yC ± â ±±C .è - < g
 , 4 * • " & E Đ ð %Ñ í "x ±± N C ± â 1 KÉ° '-
 E =yC .è í "x " - 3ø? 0Ä' \$ Bà @æo ±±N =yC ± %

$$] \Rightarrow \sigma^j = \sum_{i=\beta}^s \sum_{j=\beta}^l \mathbb{R} \mathbb{R} d_{i-j} \quad \%æo$$

< Z âs g KÉ° '- h W • + g N =yC ± â • , %
 !o KÉ° '-] C ± â ±±C .è D T M !o 1 M P æ C
 ± â ±±C .è "59 @ĐÄ%æ 3ì â ±±C .è h >æ \ Q Ú %æ
] 3ì â Q0 %æ± C .è ; 3ì â J-Ó ±±T < 2(%8
 - 3ì â ±±Q0 %æ A %æ "y_A o "B %æ "y_B o ÷ %æ %æ
 y_p o "F @ĐÄC .è d_{PA} "d_{PB} 1 d_{AB} %æ±] 3ì â AB
 ±±C .è d_{P-AB} 3 = .ú ò â @ @ Ç ±±o %

U βæ8 d_{PA} "d_{PB} 1 d_{AB} \$ Bà %æo <

$$d_{PB}^0 > d_{PA}^0 + d_{AB}^0 \quad \%æo$$

ææF %æ±] 3ì â AB ±±C .è d_{p_{qB}} g %æo <

$$d_{P-AB} = d_{PA} \quad \%æo$$

ææ U 0æ8 d_{PA} "d_{PB} 1 d_{AB} \$ Bà %æ! o <

$$d_{PA}^0 > d_{PB}^0 + d_{AB}^0 \quad \%æ! o$$

ææF %æ±] 3ì â AB ±±C .è d_{p_{qB}} g %æßo <

$$d_{P-AB} = d_{PB} \quad \%æßo$$

ææ U æ8 : \$ Bà U β 1 U 0 " F %æ±] 3ì
 â AB ±±C .è d_{p_{qB}} g %æ0o <

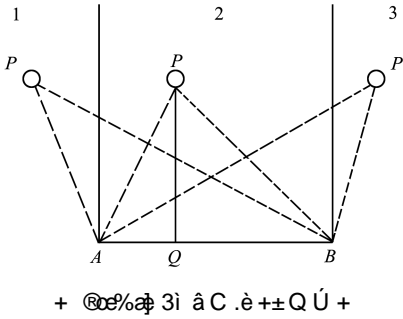
$$d_{P-AB} = \frac{Q\sqrt{T} \%æ - d_{PA} o \%æ - d_{PB} o \%æ - d_{AB} o}{d_{AB}}$$

< Z " T \$ Bà %æ o <

$$T = \frac{d_{PA} + d_{PB} + d_{AB}}{0} \quad \%æ o$$

ææ+ @ & 7 .ú ò â • AŽ] A! ; æ P U g
 ß " F P] 3ì â ±±C .è g d_{PA} \$ P U g 0 " F P]
 3ì â ±±C .è g d_{PQ} \$ P U g " F P] 3ì â ±±C
 .è g d_{PB} %

'ì . ò â 8 >ñ Ç KÉ° '-] C ± â C .è d .& KÉ°
 g â† C ± %æ » KÉ° '- ² "d .& KÉ° g /æ T +æC

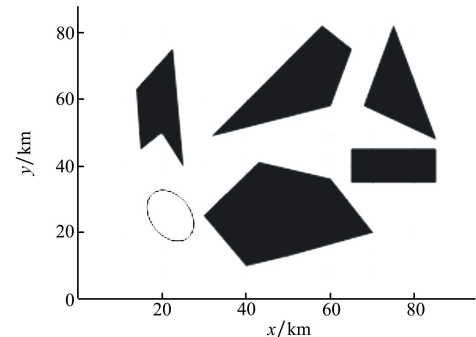


Äö> Z ç gC ±>ñ? ±±J ø/§ (Ü° >î + %
 =• Ó† : >ñFKÉ° ' - î •

4C\$	} 4	1" X
ß %x!"ß!"!"ß +@!"0!+!" +x "xß+!"0"o		ÁDæ KÉ° '-
0	%o"" "+ "" "+ ""x"+ ""x"o	- • KÉ° '-
	%o0"x +!" "" + ""@+" " 0o	Dæ KÉ° '-
x	%ß"x"+0!"!"!+0"x!+00ž"@"+ßx" o	& • KÉ° '-
"	%o "" + ""x +@" 0o	6>ÿ • KÉ° '-
	Z ð%ææ » %00"0"o"J-D;g " "- D;g g "k É>ÿg ð±±Z 3	T • KÉ° '-

± â ; GDæ ý - Dæ%Ñ "d. & k úw g /æ T +eC ±
 â ; GDæ ý - Dæú5 "d. & k úw g !%
 #y/¼ ' » Ç ÷ Ûµ±± ç gC ±>ñ? 0Ä" @@Í
 i wqßæQ Ú>ñ? /§ Z \ S ...U : >ñFKÉ°
 ' - "8 ...U FE =y: >ñFKÉ° ' - 4) 5M±1)3 +
 i wq0æ& » KÉ° ' - 1)3 ; +±>ñ? (Ü° "Fô*U 1
 3i" E6' ç g NC ±%æ
 i wq æ& NC ±%æ=y 8 ú %å
 ßo @ÐÄ NC ±%æZ 0Yr WC ±%æ 3ð%æ ç
 ±±E 3i±±É(' K +
 0o @ÐÄC ±%æ ; %Eè NC ±%æb ±±E 3i
 É(' k_{rw} £!o ' \$ Bâž # %ßxo±±w. " £ Z b g, %
 Eè NC ±%æ±W •

] æel K - k_{rw} | %ßxo
 ææ o & w. Fô*U, %Ñ í "x" &C ± â rw. ;
 m6KÉ° ' - E =y, %Ñ í "x" "8 EÐôF 3 rw. %og
 NC ± â "£C 7 ' OÑ"o" S F MK' w_b Z ; r, %Eè
 ±± NC ±%æ. " £E ' OÑ0o+
 xo8 & m6 rw_b ±±%Ñ í "xF*1 = AF*1 KÉ°
 ' - , %Ñ "FC ±>ñ? ^BR", %Ñ í "x4 ÇE+
 "o r = w. " Q ÚC ±%æ. \ S g ç "8
 : \ FE ' OÑßo"8 \ F² E6N =yC ± â ; KÉ°
 ' - , %Ñ í "x4 ÇE+
 i wqæ& NC ± â !o 1KÉ° ' -] NC ±
 â±±C .è " £ %æ < g, 4 * • ? 0Ä' ç g -
 3ð±±N =yC ± %

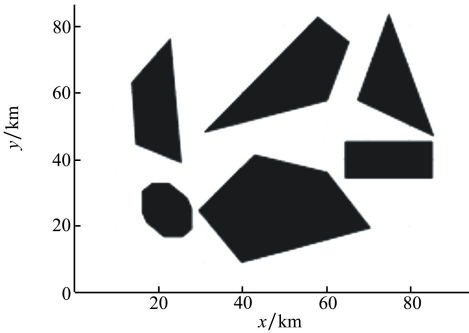


+ æC ±>ñ? J ø/§ (Ü° .g < +

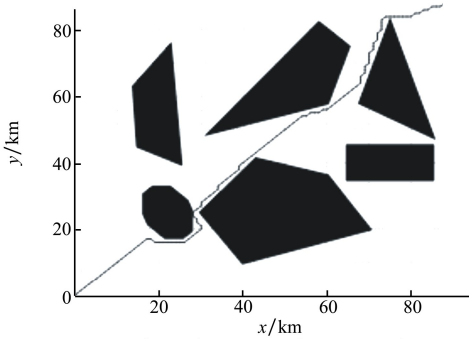
ú† ' » Ç ÷ Ûµ±± ç gC ±>ñ? 0Ä"
 " , ,L ÈO¹ ÷ 4 É 3 ½

úyÓ† , ,L ÈO¹(Ü°
 ç gC ±>ñ? ±±g g ! '] ! ! '] ±±
 • g %t @ë ç g ±±- TD™ >ÿg ð"- <N
 =y' J-g ß '] %: >ñFKÉ° ' - æî=• ß"U Xö K

úž† J ø ÷ Ý ÈKÉ° ' - (Ü° 8C ±>ñ? , ,L
 , ,L # @ä 2 i 1 ç ÓT < N_{kæ} %ß '] " ¶ • >
 Ó3 Xg - <N =y' J-±±!"!ž"!ž"!ž"!ž 1 ß
 : " d_u %ß!"!ž"!ž"!ž"!ž"ß '] " ç gB%æ
 4 %0"0o"3ð%æ 4 %o " o%: >ñFKÉ° ' - 3üT •
 KÉ° ' - GDæ C 1)3 && • KÉ° ' - %C 1)3 &¶ • >
 Ó1)3 ÄKÉ° ' - 1)3 ; ±± ç gC ±>ñ? (Ü° %
 + \ ¶ • > Óg !ž '] #±±/§ (Ü° ÷ >ñ? '
 ±± ç gN =yC ± %
 ÈKr g æZKÉ° ' - • , \ C±±"G 6 ÝKÉ°
 ' - E ' >ñ? /§ Z %t @ÿKÉ° ' - gL†. KÉ° ' - A
 £ î • - % (Ý & (Ü° Z Ý Í - W: >ñFKÉ° ' - ±±
 ò â -A/£ "Ý ÈKÉ° ' - æ⁻ =• 0mg %



a) 障碍物预处理后的环境 ($d_{safe}=0.4$ km)



b) 路径规划结果 ($d_{safe}=0.4$ km)

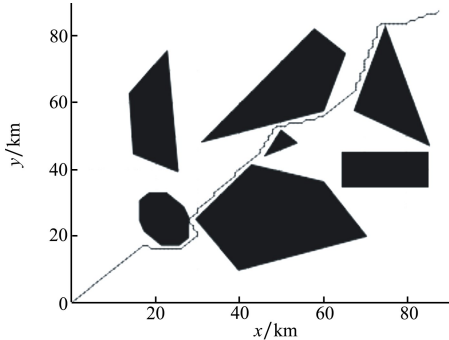
+ œM±1)3 ; (Ü° ÷N=yC ±.g < +

= • #‡ Ý ÈKÉ° - ì •

4C\$	} 4	1" X
@	%x "xx+"x" x "+"!""0o	6>y• KÉ° -

ç g U Ý ÈKÉ° - (Ü° 8±±C ±>ñ?4 É -

+ ß! m.g %

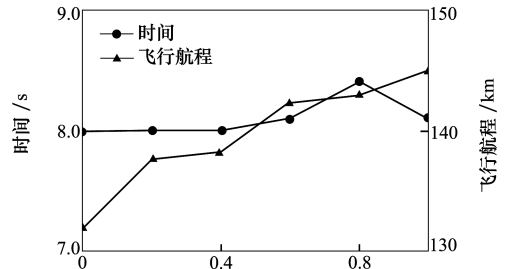


+ ß! œÝ ÈKÉ° - ; C ±>ñ?4 É.g < +

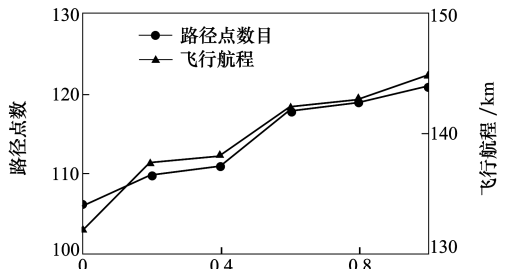
& »(Ü° Z Ý È±KÉ° - " » ç öÖ± ç gC ±>ñ?0Ä" & £ 6 u 1)3 "- ÄFú>ñ? ' ±± C ± = ì >ñE-: o(Ü° Z±±: >ñFKÉ° - % úŽ‡ , ,L4 É 3 ½

+ ß34 ' U: 9 ¶ • > Ói 8 ç gC ±>ñ ?4 É±±&! %>ì - ">ñ? #K! t &N=y7W8 L &

C ±%œ, m 9 ¶ • > Ói u(Ý,%9±± CB, ì % K¼d U ±±È Í "N=y7W8 R" È T"C ±%œ, œ G">ñ? #K! È Í D°4@ %9 # p(Ý" & »>ñ? # K! &N=y7W8 ¹ C ±%œ, " d U %đ Žg 3*y3i " U 3*y3i Ô "t "m "L K¼d U T59 / 7 t +U 3 *y3i Ô "t "m "L K¼d U È Í ±±7 t (' ; k È T % r U Y , ,L Z "€ d U %đ Žx '] # @DÄ" Dý=y u(' - a %ÈKr 1)3 Z U50;~ ç gC KÉ° - ±±¶ • K!KÁ# " E(δ5)3 @¶ ¶ • > Ói Dè] N=y ¶ • ¹ >ñ? u(±±- E =Ž%



a) 规划时间、路径航程随 d_{safe} 变化



b) 路径点数目、路径航程随 d_{safe} 变化

+ ß3œ: 9 ¶ • > Ói 8C ±>ñ?4 É &! .g < +

+ ß3Z ¶ • > Óg ! Žx '] ±±>ñ?*U# 9 ¶ • > Ó±±>ñ?*U# - d ">ñ? ±±C ±J-ÓG Ž '] " • hC ±J-Ó±± xŽ. %50;~] S 6 ¶ • > Ó±±KÉ° -° - ! OS5(Ý È ò â A6* @î ç g ±±¶ • "m *^C ±J-Ó J-mS' ±± \$ * * : @î%

(Ý È(Ü° ±±: o T) 7! : >ñFKÉ° - È G"E =yC ± â ; GDœ KÉ° - ,%Ñí "x±±N•,%Á È Í) 7!>ñ?*U# J-% C "2 i " (Ü° ' N ZE6 ±±2 i 1¿Ó < "2 i ? @èè3ó") 7! | 2œ-%œ, G¹ >ñ? #K! - J- T %g 4V- >ñ? #K! "Y ' -A/£ : 9 2 i 1¿Ó T < & » ç gC ±>ñ? T6* ±±ž ú "« ' 5)3 ±±2 i 1¿Ó @¶ E 59 ý P | 2Ou(' % + ß0 \ U 2 i 1¿Ó T < N_kp 3 X g ! Ž " " ! Ž " ß¹ 0 '] # "C ±>ñ?4 É ±±&! %

.Öži •w •j qüwék" O! B " OR%â oâ BKSx
 Öœa "m TM" Ä É Ž' » f E AEϕ z•==+±(Ö g • ç U3i C ±>ñ? .ÖZZ * /8 g Ý " Ò " O! ! @%âoâ B3BKSÖB
 ü @U&ε" Äϕ] _ž ž è Uûl è Ujz=çk •i X•&= ••&•w >U) •ç qϕ ù) AEϕ z•=Ökduj .ÖZ d=ç .üϕU •i •çK
 wüüwε ç X Uûd=ç ϕ" O! ! @%âoâ B3BKSÖB %æ d=ç o
 ÖœAOR*L "{ KñŽž K-V! Ä ž ú 7VC N=yg +±? @ε- @] .ÖZZ * ϕ •.p " " Ò " O! B! " O! %! oâx@
 î ç6 düç d çk" Äçî ⇒ çkžÖ±±⇒ ç Uj) 6üUûUwε ç •i è kdwê•ø&⇒ ç è ç U=ç i ù ç ü Uûl .ÖZ d=ç U i U vfi ù= çù .üϕU"
 O! B! " O! %! oâx@%æ d=ç o
 B! Ò î ; dü•i Uj" ü 6ç • ü=4ÜUj" ; @ ý L" wUžÄUkü ϕ Hdujdi !K qwε = è Uûl è Ujz=çk ö k•ϕw] !•ç ö AE ç ϕç kü Uj
 & wü 6çù⇒ç j] çw ÖœHü⇒ Ujù " ϕ UûkUwε ç 2 •çw •ç! ç çù " O! B@
 B3ÖBKR L "4,)S "TÇ • Ž: >ñ FKÉ" '- +±E-KÉC ±>ñ? .ÖZ@ĐÄg.p " " O! B@ xx%o oâ0 !K " "
 .çö düç4ü" Ä P± H ϕ H _UjçfUjçž & wü ö ù⇒ Ujù è Uûl è Ujz=çk !•ç ϕç kü Uj & wü .ÖZ •j çüwç i ù= çù "
 O! B@ xx%o oâ 0 !K " %æ d=ç o
 B3Ö ½ 6 Ž' L • €4N%ç U 80- , GDæ ±±31" .ÖZ@ĐÄg D2 Ö@ @Î; + • " " Ò " O! B@ 0x%âoâ K!!
 î .±ž ö U ±üUwε ç X w) •i ç q è •fk•ç >U) •ç Öçd >ϕ Høüq .ÖZ .üϕU •i •j çüwç ç6 ⇒ Ö ç ç 2
 •j çüwç Hdujçd=ç " O! B@ 0x%âoâ K!! %æ d=ç o
 B Ö ϕç Ä6i è " • ABϕ ö çž • Uwü • çù 4v] Uj) çw ö çq ±üUwε ç .ÖZ @Uwε ç X Uûl] Uwü U" O! B" " %o oâ
 B Ksx!
 BxÖ5 7 "½~ Ç " Mg Ž%æ GDæ C GL• €±± ~ 2(Q Ú .ÖZ@ĐÄg /8 ; @ @Î" O! B" " %xoâ @K@
 ; @öç _Uj" î ü ÷U ; @öϕ H P±Ujçž.ü.k] çw•i •ç •k±U • Uwε ç & w ç è=çwUj) è •fk•ç •ç è •fd >ç ç .ÖZ •j çüwç
 ç6 çk=ç çk Uj) Ö çç " O! B" " %xoâ @K@ %æ d=ç o
 B' Ò X ö _" Hóϕ H ; " è6•• P 6 ç ü" wUžÄ•üU è Uûl è Ujz=çk !•ç X•&= ••&•w >U) •ç ççwç] ⇒ çw & /üwü .ÖZ
 ••&•wüU O! B" " %xoâ B! B@KS B

ô Jã ã ç9Pã, Ūæ • 9ŸPã x9YJ x 9ŸŸ ŸV •s— Ū- ' 9çã sŸ Çã ÷ Ūµ

; @öϕ H P=@Uj" î ü = ⇒ ; @öϕ H @ çkdU" Äç @Uj

(• k •i ±= öüUwε ç " ϕ Ujççk ç è ç v] •i ö ç Uüwü Uj) ö w ç Uüwü " ϕ Ujççk OR! B " d=ç U

Ū çY-9Pã • ç Uj w ç Uûl !•ç ö AE! f=çk ç w ç ü" ç 4") ç Uj) çç kü Uj •& wü çù⇒ç j] çw w ç ç Uj ç
 çççç > Uj •& wü ü ⇒ çç Uj ⇒ Ujù > wüwε ç j) •) Uj) > çç > Uj ö AEç Uûl ç Ujz=çk Uk•ϕw] & U) •ç çk
 ç kü Uj •& wü ü ⇒ çç Uj ⇒ Ujù > wüwε ç %ç ö Öo" d=ç d çù ü) çç kü Uj •& wü çç w ç Uj çw] w) Ž
 d çççç >] w) ü w ç kç] w) > w] •) w çù⇒ç j] çwž •ükd w w ç ϕ Uj) ü çù 4v] i=çk Uj
 ü > w çç w ç Uûl •& wü " Uj) w ç d]] w) = ü > w üw ç Uûl Uûl • çç wž d çç w ç üwε ç > wüwε ç
 Uj) w ç ⇒ wUjù > wüwε ç Uj) d > !•ç w ç •& wü w w ç ! kdwç Uûl Ž d •& /üwü ! çùUwε ç] çç = w ç ⇒ wUjù
 !ç] w ç •& wü w w ç ! kdwç Uûl w k w ç Uj) ç ç Uûl Ž d çç ü Uwε ç ç ü w ç w ç Uûl çççç >] w) ü Uj
 !! üwü f ç Uj w ç Uûl ⇒ w ç ü ç w ç w •i w ç U ü] > çù⇒ç j] çwUj) ö AE ç çç Uj) Žçw= ç ç w ç Uûl
 w ç ç çç Uj) •i w çççç >] w) = ç wü w w ç kç ç k w Uj) U v] ⇒ wUjù Ž d •çççç = > ü Uü !•ç
 w ç kç ç k w Uj) U v] ⇒ wUjù Uj ! Ž '] Uj) ! ž '] ç ç üwü fž

Pãe s—çã çç kü Uj •& wü ü ⇒ çç Uj ⇒ Ujù > wüwε ç %ç ö Öo+ ö AE ç Uûl ç Ujz=çk + ççükd w w ç çççç
] w) + ü çù 4v] i=çk + d]] w)