Project title

Homomorphic Image Dehazing

Implemented by: Ruslan Osmanov

Based on

Recent Advances in Image Dehazing

תוכן עניינים

Contents

תקציר 2
מבוא 3
Homomorphic filtering 3
תוצאות השוותיות בין שני שיטות לניקוי אובך: 6
מסקנות: 7
אופן שימוש- GUI 8

תקציר

פרויקט זה מממש ומעריך שיטות קלאסיות להסרת אובך וערפל מתמונות, במטרה לשפר את איכות התמונה, הניגודיות, חדות הפרטים ושחזור הצבעים בתנאי ראות ירודה.

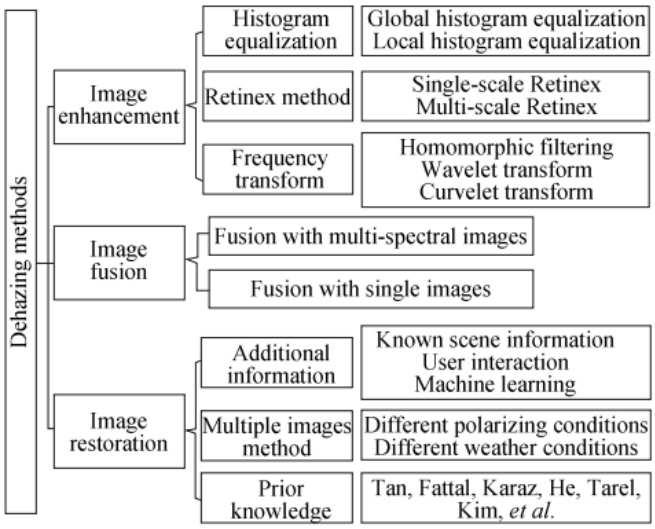
מימוש שיטת Dehazing המבוססת על סינון הומומורפי בתחום התדר, הכוללת שימוש במסנני High-Pass מסוג Gaussian, Butterworth־ Ideal. מטרת השיטה היא לדכא רכיבי תאורה איטיים ולחזק רכיבי פרטים וקצוות בתמונה.

הפרויקט כולל מימוש אלגוריתמי, הצגת שלבי ביניים, השוואה ויזואלית בין השיטות, ניתוח יתרונות וחסרונות, וכן כלי GUI ב־ MATLAB ופייטון להרצת ניסויים ושינוי פרמטרים. מטרת העבודה היא לשחזר את הרעיונות המרכזיים מתוך המאמרים, לבחון את התנהגות השיטות על תמונות שונות, ולהשוות בין גישה מבוססת שחזור פיזיקלי לבין גישה מבוססת שיפור בתחום התדר

מבוא

בתנאי מזג אוויר כמו ערפל ואובך, איכות התמונות יורדת מאוד עקב השפעת החלקיקים באטמוספרה. חלקיקים מרחפים יפזרו אור ויגרמו להפחתת האור המוחזר מהסצנה והאור האטמוספרי המפוזר יתערבב גם עם האור המתקבל במצלמה וישנה את הניגודיות והצבע של התמונה.
לכן, יש צורך במערכות ראייה ממוחשבת כדי לשפר את האפקטים החזותיים של התמונה ולהדגיש את תכונות התמונה. טכניקת הסרת אובך של תמונה, הידועה גם בשם "הסרת אובך" או "הסרת ערפל" היא רק הטכניקה להפחתת או אפילו להסיר הפרעות עקב אובך על ידי גישות מיוחדות, על מנת להשיג אפקטים חזותיים מספקים ולקבל מידע שימושי יותר. בתיאוריה, ניקוי אובך של תמונה מסיר אפקטים חזותיים לא רצויים ולעתים קרובות נחשב כטכניקה לשיפור תמונה. עם זאת, היא נבדלת משיטות מסורתיות להסרת רעשים ושיפור ניגודיות שכן השפלה של פיקסלים תמונה שנגרמה על ידי נוכחות אובך תלויה במרחק בין האובייקט להתקן הרכישה ובצפיפות האזורית של האובך. ההשפעה של ערפול על פיקסלים של תמונה גם מדכאת את הטווח הדינמי של הצבעים.

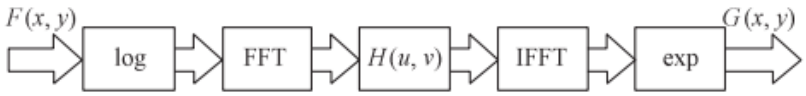
בהתבסס על הבדלים בעקרונות שחרור מערפל, ניתן לחלק את השיטות הנוכחיות לשלוש קטגוריות: שיטות מבוססות שיפור תמונה, שיטות מבוססות היתוך תמונה ושיטות מבוססות שחזור תמונה. שיטות המבוססות על שיפור תמונה אינן לוקחות בחשבון את הגורם להידרדרות התמונה, אלא משתמשות בעיקר בשיטות עיבוד תמונה ממוקדות לשיפור הניגודיות והפרטים, ולשיפור האפקטים החזותיים של התמונה. שיטות מבוססות היתוך תמונה ממקסמות את המידע המועיל מערוצי מקור מרובים כדי ליצור תמונה באיכות גבוהה, ללא צורך במודל פיזי. שיטות מבוססות שחזור תמונה מבוססות מודל השפלה של תמונה מעורפלת על ידי לימוד המנגנונים הפיזיים של הדמיה אופטית, היפוך תהליכי השפלה ופיצוי על עיוות הנגרם מתהליכי השפלה אלו על מנת לקבל תמונות ברורות ללא אובך.



Homomorphic filtering

בתנאי ערפל, רכיבי התדר הנמוך של תמונה משופרים, כך שניתן להשתמש במסנן מעביר גבוהים לסינון תמונות כדי לדכאה תדרים נמוכים ולשפר תדרים גבוהים. שיפור תחום התדר משתמש תמיד בניתוח פורייה ובשיטות אחרות כדי להמיר תמונה לתחום התדר. לאחר השלמת פעולת הסינון, מתבצעת טרנספורמציה הפוכה חזרה לתחום המרחבי. שיטות טיפוסיות המבוססות על תחום התדר כוללות סינון הומו-מורפי, והתמרת wavelets.

העיקרון של סינון הומו-מורפי הוא חלוקת התמונה לרכיב קרינה ורכיב השתקפות. מרכיב הקרינה של התמונה המעורפלת מאופיין בשונות איטית במרחב, ומרכיב ההשתקפות מקושר לרוב לפרטי הסצנה. שיפור התמונה מושג על ידי הסרת רכיב הקרינה. על ידי שילוב של סינון תדרים עם טרנספורמציה בתחום האפור, ניתן להשתמש בטווח הדינמי של התמונה הדחוסה כדי לשפר את איכות התמונה.
לפיכך, העיקרון הבסיסי של סינון הומו-מורפי לניקוי אובך עדיין מבוסס על מודל ההארה. תרשים הזרימה של אלגוריתם זה מוצג באיור 1. כאשר log הינה התמרה הלוגריתמית, FFT הוא התמרת פורייה, H(u, v) היא פונקציית סינון התדרים, IFFT היא התמרת פורייה הפוכה ו-exp היא הפעולה הופכית ל log .



איור 1

אלגוריתם הסינון הומו-מורפי יכול להסיר אזורים לא אחידים שנוצרו על ידי אור תוך שמירה על מידע קווי המתאר של התמונה. עם זאת, הוא זקוק לשתי טרנספורמציות פורייה, פעולה אקספוננציאלית אחת ופעולה לוגריתמית אחת לכל פיקסל של התמונה.

H(u.v) מייצג פונקציית תמסורת מסנן ההומו-מורפי, (גאוס):

$$H(u,v) = (\gamma_H - \gamma_L)[1 - e^{-c(D^2(u,v)/D_0^2)}] + \gamma_L$$

כאשר D0 הוא תדר הקטעון של המסנן, γ_L ו-γ_H הם ערכי המינימום והמקסימום של המסנן, וקבוע c משמש בעיקר כדי לשלוט על ההטיה של פונקציית העברת המסנן. D(u,v) הוא המרחק מנקודה (u,v) למקור התדר, המוגדר כדלקמן.

$$D(u,v) = \left[\left(u - \frac{M}{2}\right)^2 + \left(v - \frac{N}{2}\right)^2\right]^{1/2}$$

בנוסף הוספתי אופציה למסנן BUTTERWORTH ומסנן אידיאלי :

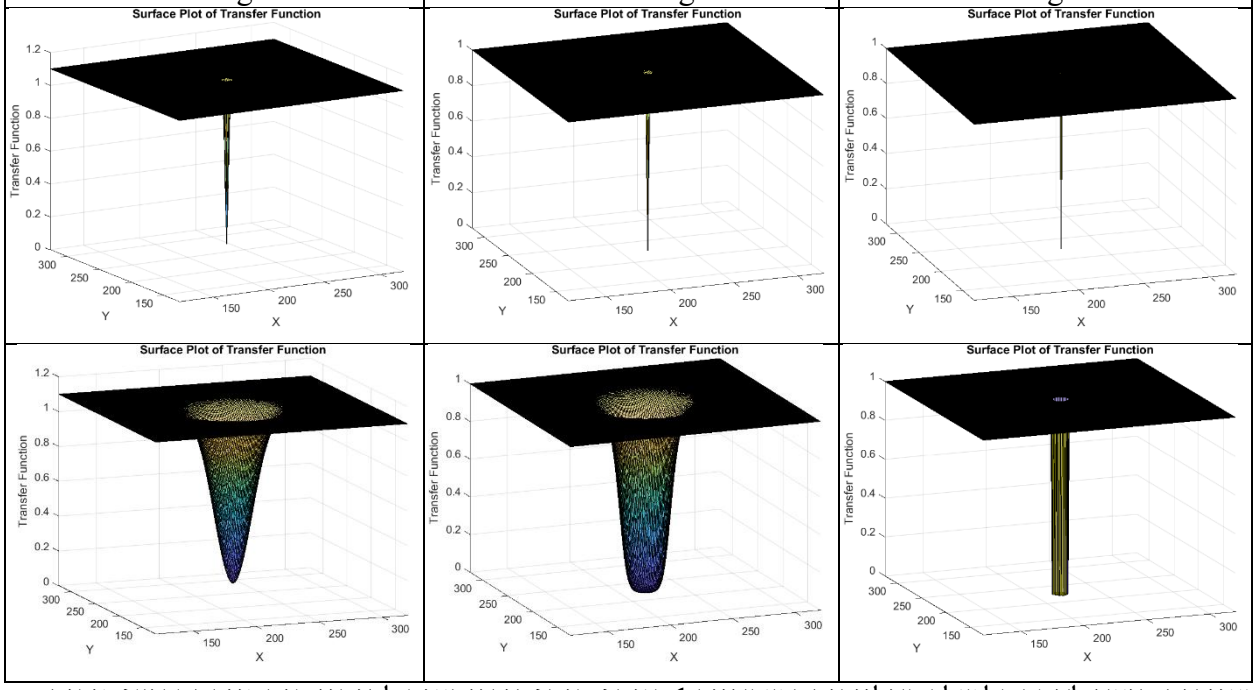
$$H(u,v) = \frac{1}{1 + [D_0/D(u,v)]^{2n}}$$

מסנן מעביר גבוהים של Butterworth שומר על תדרים מחוץ לרדיוס D0. יש לו מעבר הדרגתי מ-0 ל-1 כדי להפחית חפצי צלצול. מסנן (BHPF) של Butterworth בסדר n ותדר חיתוך D0 .

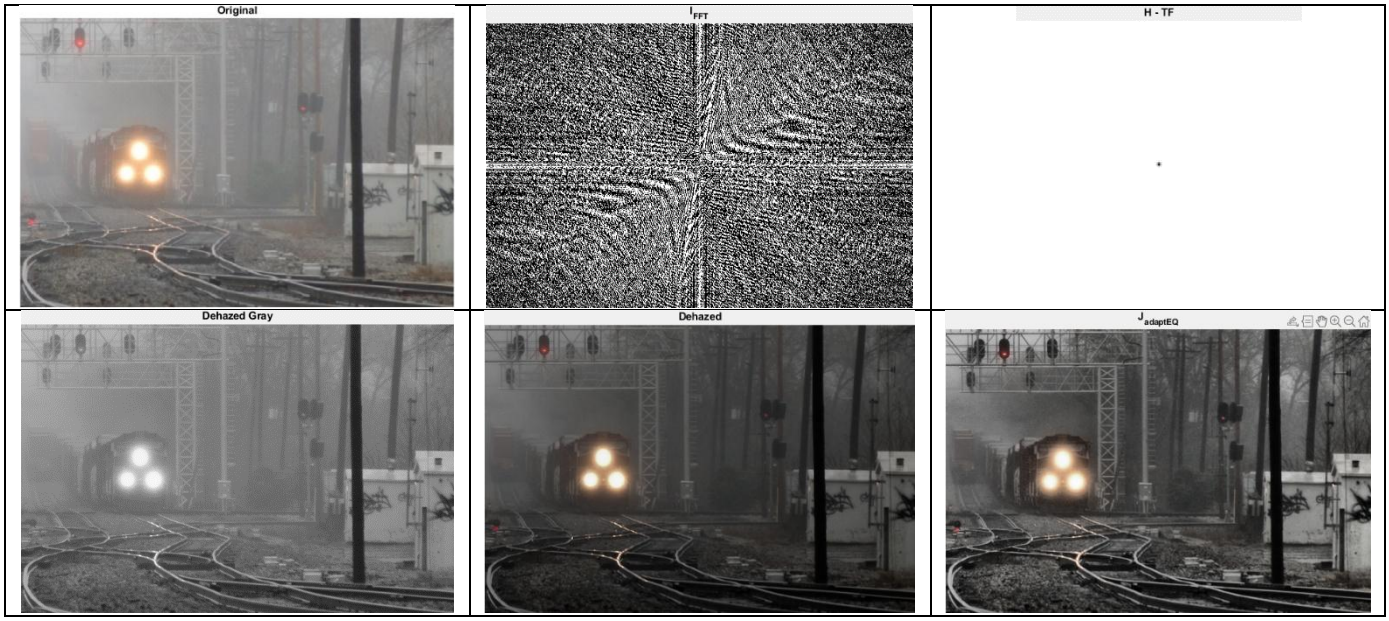
$$H(u,v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(u,v) \le D_0 \\ 1 & \text{if } D(u,v) > D_0 \end{cases}$$

מסנן מעביר גבוהים אידיאלי

Gausian High-Pass	Butterworth High-Pass	Ideal High-Pass



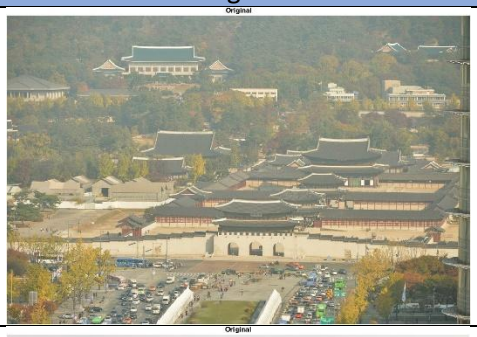
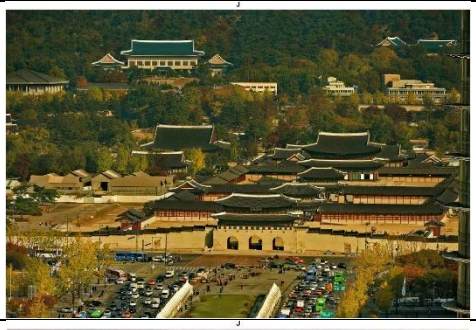
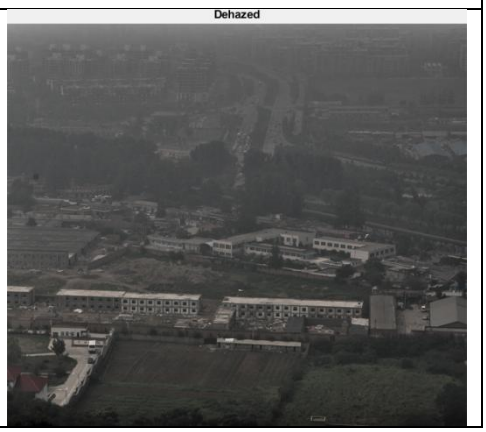
נציג את מוצא לאחר כל שלב באלגוריתם שבאיור 1 בנוסף הוספתי אוסציה לתיקון היסטוגרמה אדפטיבית כמו בחלק הראשון של הפרויקט זה (נציג רק בעזרת מסנן גאוסיאני):



מסקנות :

היתרון של שיטה זו היא ביקר זמן חישוב נמוך מאוד ופשטות של השיטה ,אך ככל שמגדלים את רדיוס של מסנן כך יורדת גם הבהירות ככלית של התמונה.

תוצאות השוותיות בין שני שיטות לניקוי אובך:

Original	Bilateral Dehazing	Homomorphic Dehazing
		
		

מסקנות:

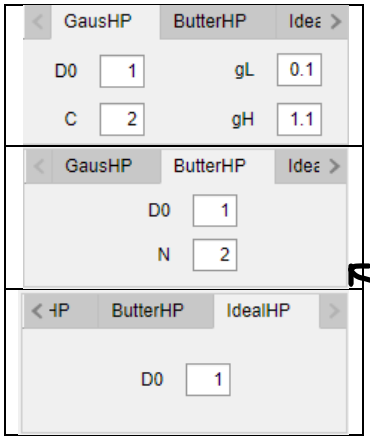
לסיכום,המסנן הדו-צדדי המשותף והפילטר ההומומורפי לדי-ערפול של תמונות מציע פתרון מבטיח שהמתמודד ביעילות עם האתגרים שמציבים תנאים מעורפלים. גישה זו לוקחת בחשבון הן את יעילות זמן הריצה והן את השמירה על תכונות חיוניות כגון חדות, דיוק צבע ואיכות חזותית כוללת.

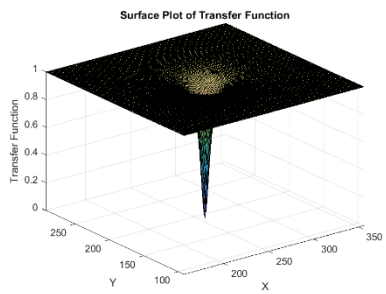
גישה עם המסנן הדו-צדדי המשותף, על ידי התחשבות בדמיון במרחב ובטווח, מפחית בהצלחה את האובך תוך שמירה על פרטים חשובים בתמונה. היכולת שלו לשמור על חדות הקצה והמרקם הופכת אותו לבחירה אידיאלית למשימות של ניקוי אובך. יתר על כן, מסנן זה מבטיח שזמן הריצה יישאר יעיל, ומאפשר עיבוד כמעט בזמן אמת של תמונות מעורפלות.

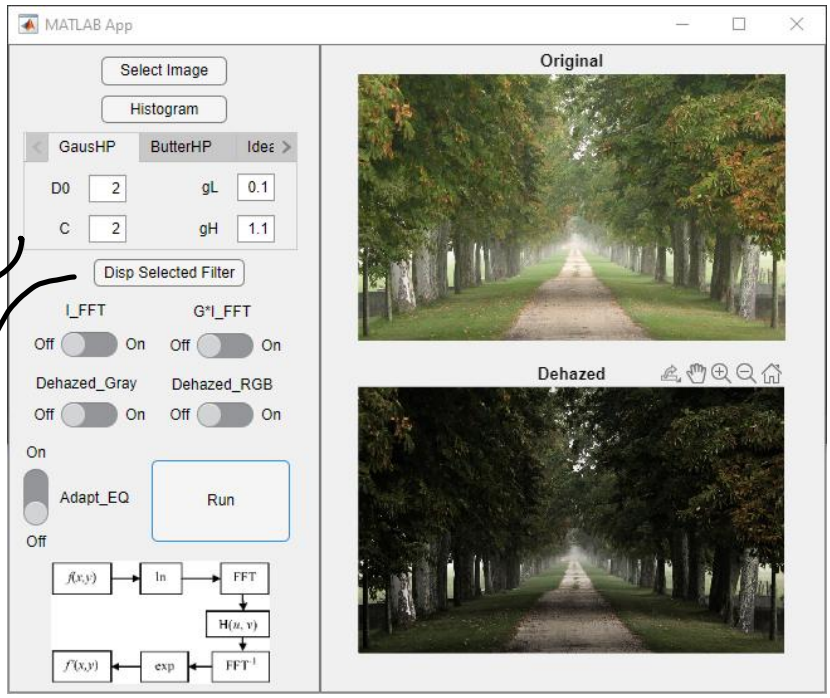
גישה עם הפילטר ההומורפי, לעומת זאת, יעיל במיוחד בשיפור הניגודיות בתמונות מעורפלות. על ידי פירוק התמונה לרכיבים התדר, זה מקל על הסרת אובך ובו זמנית משפר את הנראות של פרטים עדינים. מסנן זה מבטיח שזמן הריצה יישאר יעיל, ומאפשר עיבוד בזמן אמת של תמונות מעורפלות.

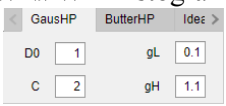
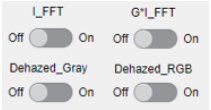
ההבדל הוא בעזרת גישה עם מסנן הדו-צדדי משותף ניתן לשחזר ולשמור על צבעי של התמונה

אופן שימוש - GUI







- Select Image – בחירת תמונה
- Histogram – הצגת היסטוגרמה של תמונת אפור עבור תמונת מקור
-  - בחירת פילטר מעביר גבוהים
- Display Selected Filter – הצגת פונק תמסורת של מסנן הנבחר.
-  - בחירת אופציה להצגת תמונות בכל שלב
- Run – כפתור הרצה של אלגוריתם.

References

מגבלות אלגוריתם

למרות שפילטר הומומורפי הוא שיטה פשוטה ומהירה יחסית לשיפור תמונה והפחתת השפעות אובך, קיימות לו מספר מגבלות:

1. **מודל פשוט יחסית של התמונה**
השיטה מתבססת על הפרדה בין רכיב תאורה איטי לבין רכיב השתקפות או פרטים. בפועל, אובך הוא תופעה פיזיקלית מורכבת שתלויה בעומק הסצנה, בצפיפות האטמוספירה ובפיזור האור. לכן, סינון הומומורפי אינו משחזר באמת את מודל האובך הפיזיקלי, אלא בעיקר משפר ניגודיות.

2. **רגישות לבחירת מסנן ותדר חיתוך**
איכות התוצאה תלויה מאוד בסוג המסנן ובפרמטרים שלו, כגון (c), (g_H), (g_L), (D_0) או סדר מסנן Butterworth. בחירה לא מתאימה עלולה לגרום לתמונה כהה מדי, בהירה מדי, חדה מדי או בעלת ארטיפקטים.

3. **אפשרות לאיבוד בהירות כללית**
כאשר מגדילים את רדיוס או עוצמת המסנן, ייתכן דיכוי חזק מדי של רכיבי תדר נמוך. כתוצאה מכך, התמונה יכולה לאבד בהירות כללית ולהיראות פחות טבעית.

4. **הגברת רעש וארטיפקטים**
מכיוון שהשיטה מחזקת תדרים גבוהים, היא עלולה לחזק גם רעש, טקסטורות לא רצויות או ארטיפקטים קיימים בתמונה. הדבר בולט במיוחד בתמונות עם רעש גבוה או באזורים אחידים.

5. **רגישות לארטיפקטים של מסנן אידיאלי**
שימוש במסנן High-Pass אידיאלי עלול לגרום לתופעות ringing בגלל מעבר חד בתחום התדר. מסננים כמו Gaussian או Butterworth מפחיתים את הבעיה, אך עדיין נדרש כיוון פרמטרים מתאים.

6. **שחזור צבעים מוגבל**
השיטה פועלת בעיקר על שיפור רכיב הבהירות או על עיבוד בתחום התדר, ולכן היא פחות מתאימה לשחזור צבעים פיזיקלי בהשוואה לשיטות המבוססות על מודל אטמוספרי. במקרים מסוימים הצבעים לאחר העיבוד עלולים להיראות פחות טבעיים.

7. **לא מתאימה לכל סוגי האובך**
השיטה עשויה לעבוד טוב באובך קל או בינוני, אך באובך כבד מאוד, שבו מידע רב מהסצנה מוסתר, היא אינה יכולה לשחזר פרטים שלא קיימים בתמונה המקורית.

8. **הערכה ויזואלית בלבד אינה מספיקה**
ללא תמונת ייחוס נקייה, קשה לקבוע באופן חד־משמעי איזו שיטה טובה יותר. לכן, רצוי לשלב בעתיד מדדים כמותיים כמו מדדי ניגודיות, חדות entropy, או מדדי איכות ללא ייחוס.

[1] Wang, W., & Yuan, X. (2017). Recent advances in image dehazing. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, *4*(3), 410–436. https://doi.org/10.1109/jas.2017.7510532