

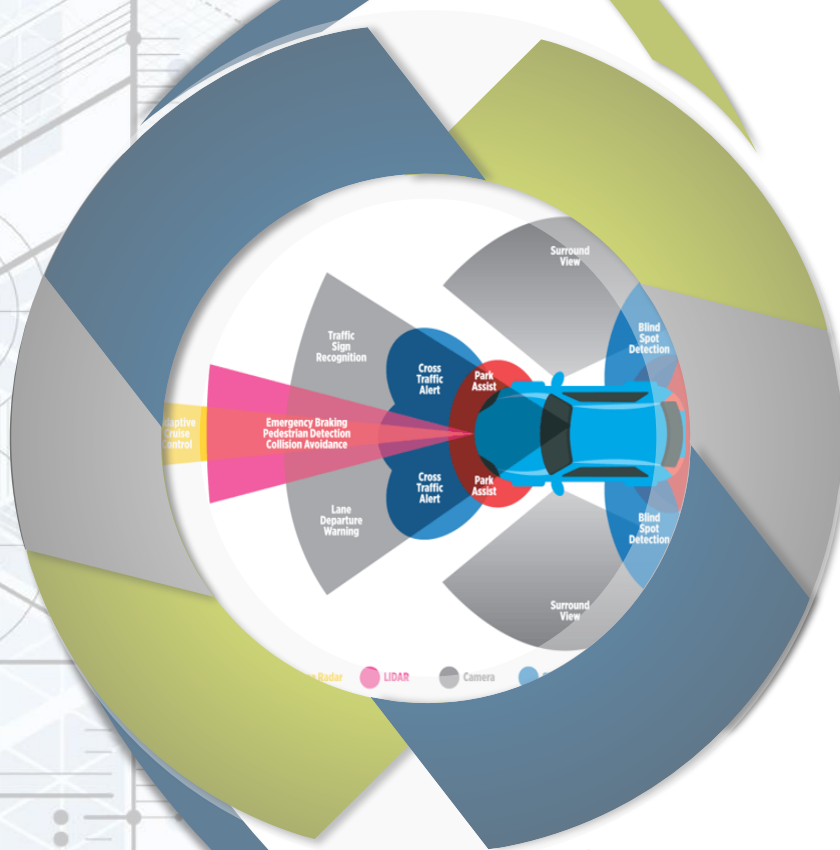
פרויקט גמר

מגמת הנדסת מכונות

התמחות
אוטוטק

תש"פ
2020

מערכות בטיחות
מתקדמות ברכב



אביעזרי נחמן

ארונבייב אלון



המכללה הטכנולוגית אמי"ת פ"ת
TECHNOLOGICAL COLLEGE

רון דהן



מדינת ישראל
משרד החינוך – מנהל תקשוב, טכנולוגיה ומערכות מידע
המגמה לתחבורה מתקדמת ומקצועות הרכב

הצעת נושא לעבודת גמר / פרויקט גמר

א. פרטי המגמה וההתמחות

מגמה	מכונות
התמחות	אוטוטיק

ב. פרטי בית הספר

שם בית הספר	מכללת אמית פ"ת	שם מרכז המגמה	אלכסנדר בוגטיקוב
סמל בית הספר	480020	טל' מרכז המגמה	050-5603111
מחוז	מרכז	דוא"ל מרכז המגמה	a-bogatikov@013.net
טל' בית הספר	03-9345008		

ג. פרטי המנחה

שם המנחה	תואר	מס' נייד
רון דהן	הנדסאי מכונות	0546311118

ד. פרטי התלמידים

מס"ד	שם התלמיד	מס' ת.ז. תלמיד
1	אביעזרי נחמן	207346180
2	ארונובייב אלון	208297648
3		

ה. סוג הפרויקט / העבודה

נא לסמן בעיגול אחת מהאפשרויות הבאות:

✓ עבודת גמר.

✓ פרויקט גמר.

ו. נושא הפרויקט / העבודה

נושא הפרויקט / העבודה
מערכות בטיחות מתקדמות ברכב פרטי

מדינת ישראל

משרד החינוך – מנהל תקשוב, טכנולוגיה ומערכות מידע

המגמה לתחבורה מתקדמת ומקצועות הרכב

ז. חלוקת משימות בצוות

שם התלמיד	תיאור המשימה	מס"ד
1,2	עיצוב המסמך על פי הדרישות.	1
1,2	כתיבת מבוא לפרויקט.	2
1,2	מיון ועריכת חומרים מבוא היסטורי על תחום הבטיחות ברכב פרטי.	3
1,2	איסוף עריכה ומיון חומרים בנושא מבחני ריסוק וסוגי שלדות בכלי רכב.	4
1,2	איסוף עריכה ומיון חומרים בנושא מערכת BAS, TCS, ASR, ABS, ESP	5
1,2	איסוף עריכה ומיון חומרים בנושא לידר, רדאר ומצלמה במערכות פסיביות.	6
1,2	ביצוע וכתיבת פרק חישובים ואבחון תקלות.	7
1,2	עריכה סופית כריכה והדפסת הפרויקט.	8

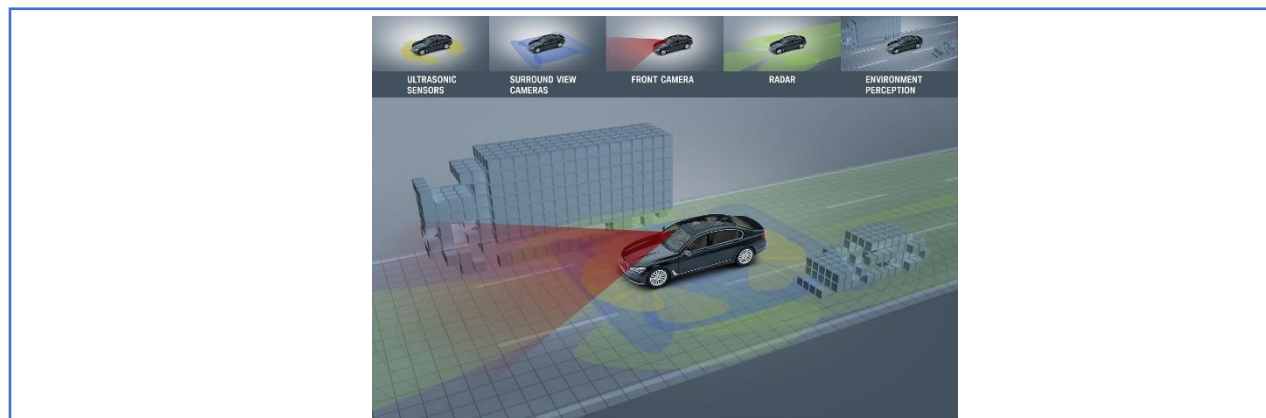
ח. תיאור הנושא

סקירה של מספר מערכות בטיחות מתקדמות ברכב. סקירה כללית, עיקרון פעולה, חישובים, הצגת מחקרים בנושא. מערכות הבטיחות הם אחד הנושאים החשובים והמפותחים מבחינה טכנולוגית ביותר ברכב כיום, פריצת הדרך בוצעה תקופה ממושכת עם הטמעת האלקטרוניקה במכונית והמעבר למחשבי ניהול.

ט. תיאור עקרוני של המערכת

מערכות בטיחות ברכב פרטי מנוהלות על ידי מחשב ומקבלות מידע רב מחיישנים שונים אשר חלקם עוברים תהליך של היתוך נתונים, במטרה לקבל תמונת מצב מדויקת ככל האפשר. מורכבות זו נובעת מחשיבותם של מערכות בטיחות ברכב, אשר ברוב המקרים מעורבות בצורה אקטיבית או פסיבית בהצלת חייהם של נוסעים והולכי רגל.

י. תרשים מלבני



מדינת ישראל
משרד החינוך – מנהל תקשוב, טכנולוגיה ומערכות מידע
המגמה לתחבורה מתקדמת ומקצועות הרכב



יא. פירוט הדרישות מהמערכת

למערכות בטיחות חייבת להיות אמינות גבוהה, רוב מערכות הבטיחות הקיימות ברכב מודרני נבדקות במבחני הבטיחות לכלי רכב פרטיים אצל מדינות שונות ונדרשים לעמוד בסטנדרטים מחמירים.

יב. לוח זמנים לביצוע הפרויקט

1. איסוף ומיון חומרים רלוונטיים - 30.10.2019-30.11.2019
2. הקלדת חוברת הפרויקט - 30.11.2019-23.12.2019
3. ביצוע בדיקות המערכת - 23.12.2019-1.02.2020
4. הדפסת הפרויקט - 15.02.2020-1.02.2020

יג. רשימת מקורות

במידה ומשתמשים ברשת האינטרנט יש לציין לפחות שלושה אתרים המתמקדים בנושא הפרויקט.

תורת הרכב-אלכסנדר בוגטיקוב

Autoshow.electudec.co.il

[/https://www.colmobil.co.il/car_guide/vehicle_driving_safety/safety_systems](https://www.colmobil.co.il/car_guide/vehicle_driving_safety/safety_systems)

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%98%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%92%D7%99%D7%95%D7%AA_%D7%91%D7%98%D7%99%D7%97%D7%95%D7%AA_%D7%91%D7%A8%D7%9B%D7%91

[/https://www.consumerreports.org/car-safety/cars-with-advanced-safety-systems](https://www.consumerreports.org/car-safety/cars-with-advanced-safety-systems)

[/https://www.consumerreports.org/car-safety/cars-with-advanced-safety-systems](https://www.consumerreports.org/car-safety/cars-with-advanced-safety-systems)

שם המנחה	חתימה	תאריך
<u>רון דהן</u>		<u>07/11/2019</u>

תוכן עניינים

3.....	מבוא
5.....	CANBAS
6.....	מערכות בטיחות פסיביות
6.....	כריות אוויר
7.....	תקלות נפוצות בכריות אוויר
9.....	חגורות בטיחות
14.....	מערכת הגנה מפני צליפת שוט WHIPS (whiplash protection seystem)
15.....	מערכת הגנה להולכי רגל safety pedestrian protection
16.....	מערכות בטיחות אקטיביות
17.....	מצלמה
20.....	רדאר
22.....	לידאר
24.....	מערכת מיקום גלובלית GPS (Global Positioning System)
26.....	מערכת הבלימה האוטונומית – AEB (Autonomous Emergency Braking)
28.....	מערכת לתיקון סטייה מנתיב - LKAS (Lane Keeping Assist System)
	מערכת השבתת התנעה/פעולת הרכב כתוצאה מרמת אלכוהול גבוהה של הנהג (Alcohol
30.....	(interlocks
32.....	מערכת תאורה חכמה- AFLS (Airfield Lighting System)
34.....	מערכות בטיחות ברכב דו גלגלי
34.....	בקרת יציבות MSC

35.....	מערכות בטיחות לרכב משא כבד מעל 12 טון
35.....	בקרת יציבות אלקטרונית (ESC (Electronic Stability Control System
36.....	מערכת יציבות רול טריילר TRS (Trailer Roll Stability)
36.....	מערכת בלימת חירום אוטונומית AEB (Autonomous Emergency Braking)
37.....	מערכת ניטור עייפות נהגים Driver Fatigue Monitoring System
38.....	מערכת בקרת משיכה אוטומטית ATC Automatic Traction Control System
39.....	ביקור במרכז שירות ארצי BMW:
44.....	פרק חישובים
44.....	מרחק הבלימה ובמרחק הבלימה הכולל:
45.....	שאלות חישוב בנושא בלימה:
49.....	חישוב זמן התנגשות בעזרת מצלמה
57.....	בבילוגרפיה

מבוא

בחרנו לכתוב את הפרויקט בנושא הבטיחות ברכב. עניין הבטיחות ברכב חשוב ביותר כיוון שהוא טומן בתוכו הצלת חיי אדם, שמירה מפני נזקים רכושניים, מניעת תאונות, נסיעה בטוחה וכו'. וכגודל חשיבותה של הבטיחות ברכב כך גודל ההתעסקות, הפיתוחים, ותשומת הלב שמופנית כלפיה.

מטרתם של אמצעי בטיחות ברכב היא למנוע תאונות דרכים, לצמצם ככל האפשר את רמת הנפגעים בהן ולתת מענה למצבים בלתי צפויים בזמן נהיגה, אך אמצעי הבטיחות החשוב ביותר הוא הגורם האנושי – אנחנו, הנהגים. אביזר הבטיחות החשוב והאפקטיבי ביותר ברכב נמצא בין אוזניו של הנהג! אך כיצד אנחנו יכולים להשפיע כדי שלא נעמיד במבחן את אביזרי הבטיחות האחרים?!

עד סוף שנות ה-80 של המאה ה-20, רוב פעילות הרכבים וחלקיהם הייתה מכנית לחלוטין והופעלה ידנית על ידי הנהג. החל מסוף שנות ה-80 ותחילת שנות ה-90 עם כניסת עידן מזעור מערכות המחשוב, ועם התפתחות מערכות האינטרנט, ועד עתה, התקדמה התפתחות מערכות הטכנולוגיה לבטיחות ברכב. התפתחות זו ניכרת בעובדה שבועוד שבתחילת שנות ה-90 החלו להופיע מערכות טכנולוגיות לבטיחות ברכב בצורה אינדיבידואלית וכמוצרי מדף, והותקנו עצמאית על ידי הלקוחות באמצעות מתקינים מורשים. הרי שעתה, רוב המערכות מותקנות מראש בחבילת ההפעלה המכנית של כלי הרכב, ומתוכננות במחשב הרכב הראשי. כשלפני כ-15 שנה הופיעה ברכבי היוקרה מערכת התרעה לחגירת חגורות בטיחות, היא נחשבה אביזר נוחות. כיום, לאחר שכבר הוכח שהיא מצילה חיים, מרבית המכוניות החדשות מגיעות עם מערכת זו. כך קורה כמעט עם כל מערכת בטיחות בשוק הרכב. טכנולוגיות בטיחות ברכב, הם עזרים שפותחו במטרה להתריע על סכנות הנגרמות מאי הקפדה על אמצעי בטיחות נדרשים בזמן נסיעה ברכב. ישנן מגוון מערכות ועזרים המיועדים להפוך את הנסיעה ברכב לבטוחה עד כמה שניתן. חלק ממערכות אלו נמצאות בשימוש הנהג באופן פעיל וחלקן פועלות באופן אוטומטי לשמירה

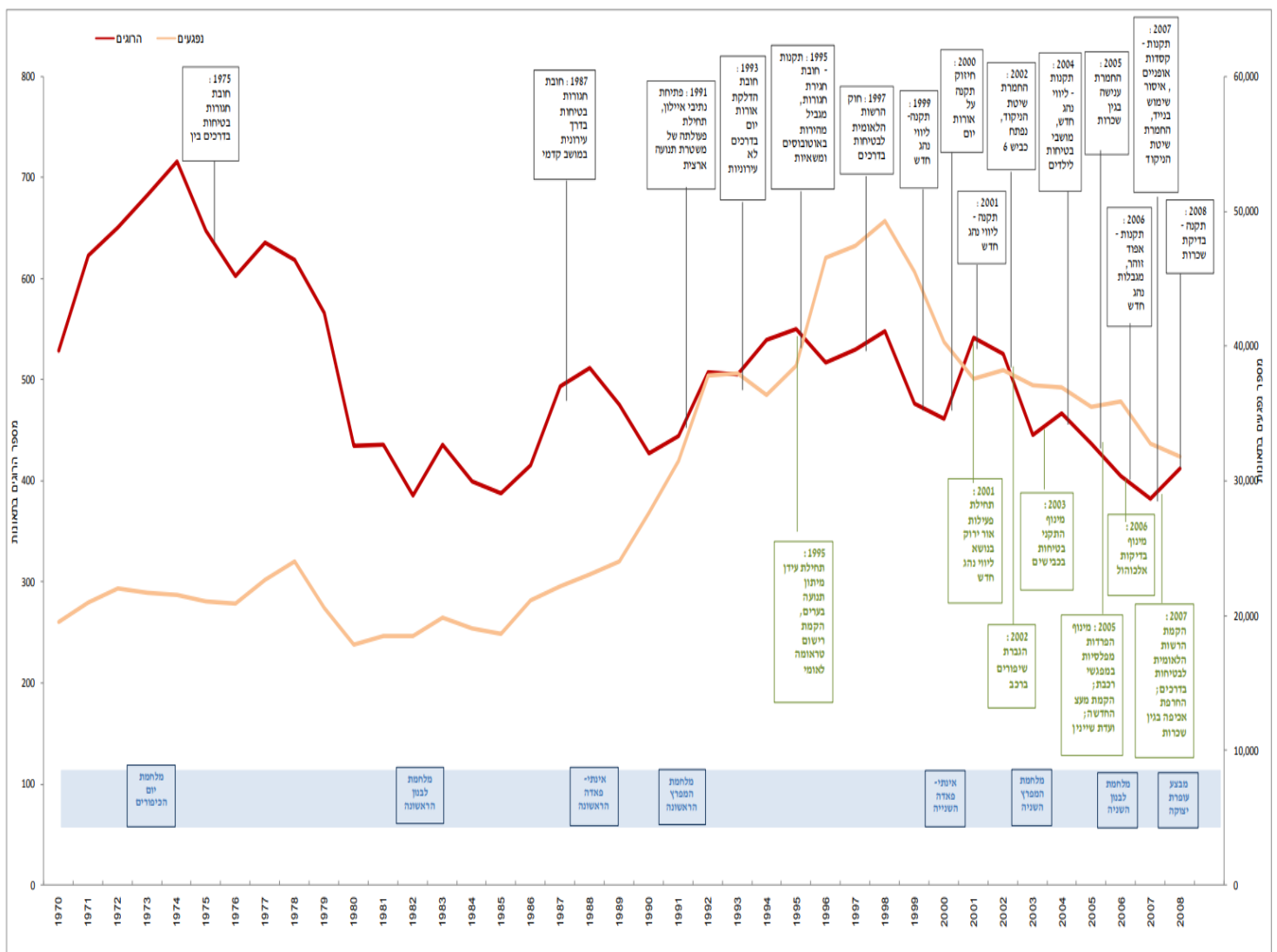
ותיקון הנהיגה. כל אחת ממערכות אלו עשויה להימצא כבעלת חשיבות קריטית במצבים מסוימים .

ממחקרים עולה כי נקודות הזמן שנמצאו עם שינוי חיובי (ירידה במספר ההרוגים/נפגעים בתאונות דרכים) מאפשרות להצביע על התערבויות הבטיחות שיושמו בסמוך לנקודות זמן אלה ולכן, כפי הנראה, תרמו לשיפורים ברמת הבטיחות !

לדוגמה:

מהגרף ניתן להבין שככל שהחמירו יותר עם חוקי הבטיחות – ירדה כמות ההרוגים בתאונות הדרכים .

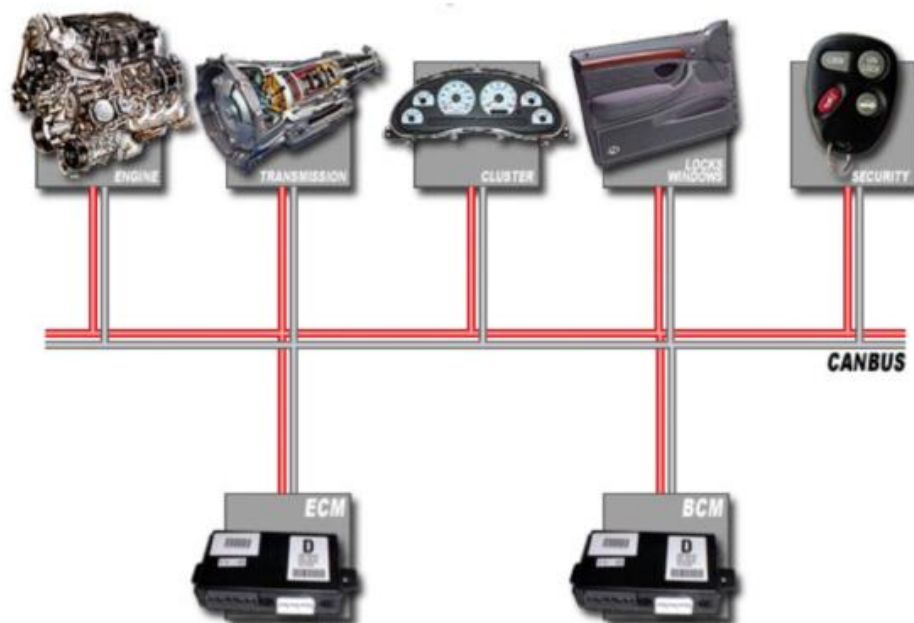
תרשים 2.1. סיכום להתערבויות בטיחות עיקריות ואירועי רקע, ומספרי ההרוגים ונפגעים בתאונות הדרכים בישראל בשנים 1970-2008.



דבר נוסף שמדגיש את חשיבות הבטיחות הוא שבמערכת התקשורת של מחשבי הרכב – CANBUS יש עדיפות של קבלת/העברת מידע ממודולים של מערכות הבטיחות ברכב.

CANBAS

בעבר תקשורת המחשבים (יחידות בקרה) ברכב הייתה מועברת על ידי חוטים חשמליים רגילים, דבר שיצר קשיים רבים ואף לליקויים במערכות חשמל, מערכת תקשורת CANBUS נועדה לשפר ולייעל את העברת המידע בין כל יחידות הבקרה ברכב באופן המהיר ביותר ללא כל הפרעות שידור וקליטה, התקשורת החדשה מבוססת על חיבור של שני חוטים העוברים בכל יחידות הבקרה ומעבירות את התקשורת ביניהן.



מערכות בטיחות פסיביות

מערכות בטיחות שנועדו לצמצם או למנוע נזקים לנוסעים ברכב בעת התרחשות תאונה, לדוגמא: כריות אוויר, כלוב תא הנוסעים, חגורות בטיחות.

כריות אוויר

כרית אוויר היא אמצעי בטיחותי חשוב בכלי רכב, שתפקידו למזער את הפגיעה בנהג ובנוסעים כתוצאה מתאונת דרכים.

בתאונת דרכים בין מכוניות או בעת פגיעה בעצם גדול אחר בשולי הדרך (עץ, עמוד חשמל וכדומה), הרכב נבלם תוך שבריר שנייה. הבלימה יוצרת תאווה גבוהה ישירות על גוף הרכב. מכיוון שהנוסעים הם גופים נפרדים ואינם חלק מגוף הרכב, הם בעלי התמדה משלהם. כתוצאה מהבלימה הנוסעים מיטלטלים בתוך הרכב, וגופם נחשף לעומסים כבדים. טלטולים אלה עלולים לגרום לנוסעים נזקי גוף בלתי הפיכים ולעיתים אף קטלניים.

תפקידה של כרית האוויר הוא לספוג חלק מהאנרגיה הגבוהה הנוצרת במהלך התאונה, ולצמצם את הנזק הנגרם לנוסעים. כרית האוויר מורכבת משקית ניילון קשיחה המחוברת למנגנון ניפוח הכולל מכל גז דחוס. המנגנון מבוסס על פיצוץ מבוקר אשר גורם לגז למלא את הכרית בתוך חלקיק שנייה.

מנגנון הניפוח עשוי להיות מופעל על ידי מערכת מכנית המציתה את החומר המנפח את הכרית בתנאי תאונה, או על ידי חיישן תאונה אלקטרוני, אשר מזהה מצבי תאונה על פי מאפיינים מוגדרים. בדרך כלל כלול במערכת חיישן שהוא מד תאוצה, שפועל כאשר מופעלת עליו רמה גבוהה של תאווה (תאוצה שלילית). מנגנון כרית האוויר מזהה אם חגורת הבטיחות אינה משולבת ועשוי לשנות את תזמון הניפוח או כלל לא להפעיל את הניפוח. הגנה זו נועדה למזער את מקרי הפציעות קשות העלולות להיגרם מעוצמת המכה של כרית האוויר בעת הניפוח.

כאשר רכב בעל כרית אוויר עובר תאונה, ההאטה הפתאומית במהירות הרכב גורמת להפעלת מתג המתחיל תגובה כימית היוצרת גז. תגובה זו היא פירוק סודיום אזיד (NaN_3)

לנתרן (מוצק) וחנקן (גז). תגובה זו היא אקסותרמית (פולטת חום). מחמצן מוסף לתגובה על מנת שגיב עם הנתרן ליצירת דו תחמוצת הנתרן (Na_2O). היות והתגובה יוצרת חום הגז מתפשט (בהתאם לחוק בויל), אך לאחר זמן קצר (50 אלפיות השנייה) מתקרר והכרית מתכווצת חלקית ומאפשרת לנוסעים מרחב תנועה.

המערכת שתוארה כאן היא מערכת סגורה, כלומר לא התווספו חומרים חדשים, אלא נעשה שימוש בחומרים הקיימים, השינוי היחיד שחל היה הוספת האנרגיה על ידי האטה פתאומית של הרכב. ההבדל שנוצר בנפח התגובה נגרם בעקבות יצירת גז שהתפשט בחום שנוצר.



נורת אזהרה לכריות אוויר



תקלות נפוצות בכריות אוויר

תקלה נפוצה ברכבי מאזדה (626, 323, 6 וכו') נורת כרית אוויר מהבהבת או דולקת וקוד התקלה מתייחס לתקלה בחיישן תפוסה אשר ממוקם בכיסא הנוסע שליד הנהג.

מתחת למושב הנוסע מותקן חיישן אשר תפקידו "לדווח" למערכת כרית האוויר האם יושב נוסע על הכסא ובזמן תאונה המערכת מחליטה בהתאם האם לפתוח את כרית האוויר שבצד הנוסע או לא.

לחיישנים אלו יש נטייה להתקלקל, הפתרון הנפוץ הוא החלפת כיסא נוסע

א': נורת כרית אוויר נדלקת לרוב בגלל מושב הכיסא שם ישנו אלמנט (חיישן מיתוג כמו מתג

קטן) כאשר אנו יושבים נסגר המתג ואז המעגל החשמלי נסגר ומכבה את המנורה

ב': כריות אוויר יכולות להיכשל בכל אחת מהנסיבות הבאות:

החיישנים לא הופעלו : אופי ההתנגשות עצמו יקבע במידה רבה אם כריות אוויר יתפרסו או

לא. לדוגמה, מרבית כריות האוויר הקדמיות יתפרסו רק כאשר קדמת המכונית נפגעת, ואילו

קריסות באזורים אחרים לא יפעילו חיישנים אלה.

החיישנים היו לקויים : אם ההשפעה אכן מתרחשת במקום הנכון, כרית אוויר עלולה

להיכשל לפרוס אם החיישנים לא הופעלו כמתוכנן. רוב תביעות הליקויים בכריות האוויר

נכללות בסיווג זה ונובעות מכישלון של יצרני הרכב בבדיקה, כיול או כלול מספיק חיישנים

ברכבים שלהם.

תקלה חשמלית : במקרים מסוימים חיישני כרית אוויר עשויים לעבוד בסדר ואש כנדרש - רק

כדי שהאות לא תצליח להגיע למודול כרית האוויר. זה בדרך כלל נראה במקרים שבהם כרית

אוויר בצד הנהג מפורשת, אך כרית האוויר של הנוסע לא עושה זאת, או להפך.

מודולים של כריות אוויר תקינים : התרחיש האחרון כולל אות פריסת כרית אוויר המועברת

בצורה חלקה למודול כרית האוויר עצמה, רק כדי שהמודול לא יצליח לפרוס. לרוב זה נגרם על

ידי בקרת איכות לקויה או פגם בעיצוב כרית האוויר, כמו שקורה בשערוריית כריות האוויר של

"טאקאטה" האחרונה שהשפיע על מיליוני כלי רכב ברחבי העולם.



חגורות בטיחות

הן מצילות חיים, הן הפכו לסטנדרט, הן חובה עפ"י חוק – חגורות בטיחות לרכב. חגורות בטיחות לרכב כבר הפכו לסטנדרט והן חלק אינסטינקטיבי בשגרת הנסיעה. ובכל זאת, כדאי להכיר קצת יותר איך עובד המנגנון שמציל כל כך הרבה חיים ברחבי העולם ומה אומר החוק

חגורות בטיחות לרכב נועדו להציל חיים ולהפחית את הפגיעה בנוסעים במקרה של תאונה. קשה להאמין, אך עד סוף שנות ה-80 של המאה הקודמת השימוש בחגורות בטיחות לא היה חובה על פי חוק, ולא בכל המכוניות היו חגורות גם מאחור.

כיום הטמעת המודעות לחשיבותן של חגורות בטיחות לרכב מתחילה כבר בגן הילדים – יש לחגור בכל נסיעה ולו הקצרה ביותר.

כמה זה חשוב? מנתונים של ארגון הבטיחות "בטרם", עולה כי הסיכוי של ילד לא חגור למות בתאונה כפול מזה של ילד חגור.

איך עובד המנגנון של חגורות בטיחות לרכב?

חגורת בטיחות פועלת על בסיס מותחנים שמתאימים אותה למידותיו של הנוסע, וכוללת מנגנון נעילה שתפקידו לקבע אותה במקרה של תאונה.

בשעת בלימת חירום החיישנים ינעלו אוטומטית את החגורה, ובכך וימנעו מהנוסע להיות מוטח קדימה בעוצמה לכיוון השמשה הקדמית, או לעוף אל מחוץ לרכב.

החגורה עשויה להותיר חבורה כואבת ואף לגרום לשברים – אך זה חסר משמעות לעומת הפגיעה ללא חגורה.

כאשר רכב מוחזר לכביש לאחר תאונה קשה, חובה להחליף את חגורות הבטיחות ואת המנגנונים שלהן.

מה אומר החוק?

חגורות בטיחות לרכב הן אביזר בטיחות בדרגה הבסיסית ביותר, ואסור לשנות דבר במנגנון שלהן שלא במסגרת מוסך מורשה.

על פי תקנות התעבורה, כל נוסע ברכב מחויב להיות חגור בחגורה מתאימה לגילו ולמשקלו. אין להסיע נוסע שאינו חגור.

ילדים חייבים להיות מוגנים באמצעים נוספים: ילדים בני 3-8 חובה לחגור על מושב מגביה (בוסטר) כך שהחגורה תעבור בין הכתף לצוואר ותקיף את האגן. תינוקות עד גיל שנה יש להושיב נגד כיוון הנסיעה, במושב ייעודי (סל-קל) המקובע לרכב. ילדים בגילאי שנה עד 3 שנים חייבים לשבת במושב בטיחות ייעודי, עם הפנים לכיוון הנסיעה. חשוב מאוד לכבות את כרית האוויר שליד הנהג כאשר מתקינים מושב בטיחות לילד עד גיל שלוש כדי למנוע פגיע מפתחת כרית האוויר בזמן תאונה.

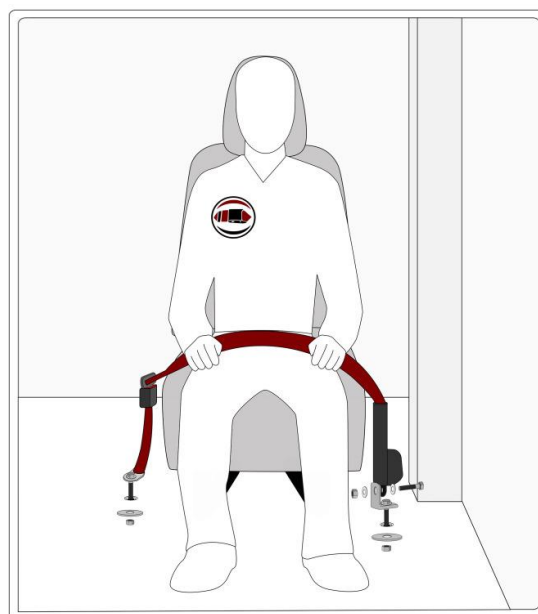


סוגי חגורות בטיחות לרכב :

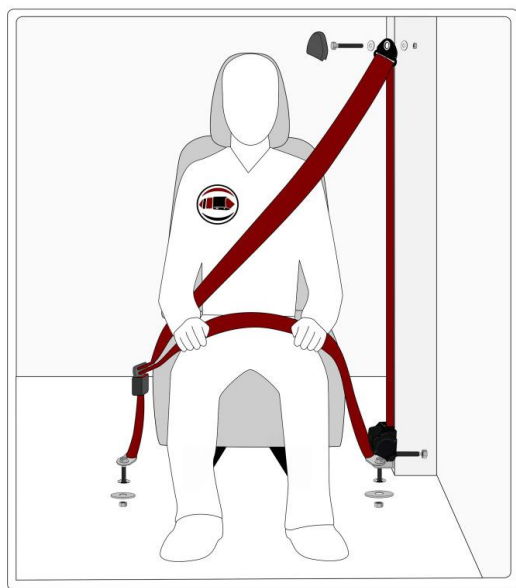
יש שלושה סוגי חגורות בטיחות כאשר הן נקרות לפי מספר הנקודות שבהן הם מעגנות את הנוסע אל המושב. יש חגורת בטיחות שתי נקודות, שלוש נקודות וגם ארבע נקודות ואם אתם לא מכירים חלק מהן, זה בדיוק הזמן להרחיב עליהן. זה הזמן להבין מה החגורה הבטוחה ביותר שיש ואיפה היא נפוצה.

חגורת בטיחות שתי נקודות :

חגורת בטיחות שתי נקודות מוכרת יותר מחגורת בטיחות ארבע נקודות אך היא לא החגורה הנפוצה ביותר. חגורה זו נמצאת בעיקר ברכבים הישנים יותר, כאשר בהם היא נמצאת אצל הנוסע שיושב בספסל האחורי באמצע. חגורה זו למעשה מעגנת את הנוסע אך ורק בעצמות האגן שלו עצם האגן היא העצם הכי חזקה בגוף ולמעשה היא יכולה למנוע ממנו לעוף קדימה בעת הפגיעה. הסיבה לכך שחגורות אלו היו נפוצות בעבר היא חוסר היכולת או הרצון, בשל הפגיעה באסתטיקה של הרכב, להתקין חגורת שלוש נקודות באמצע המושב האחורי. כיום חגורות אלו פחות נפוצות בגלל שהן פחות בטוחות..



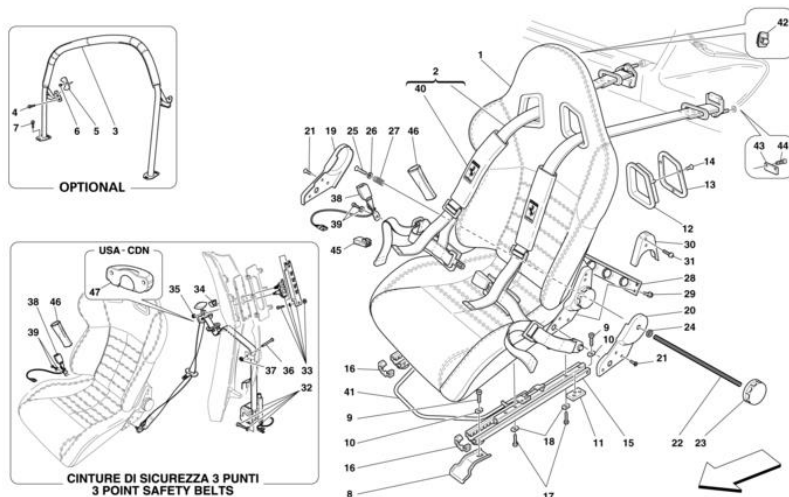
חגורת בטיחות שלוש נקודות :

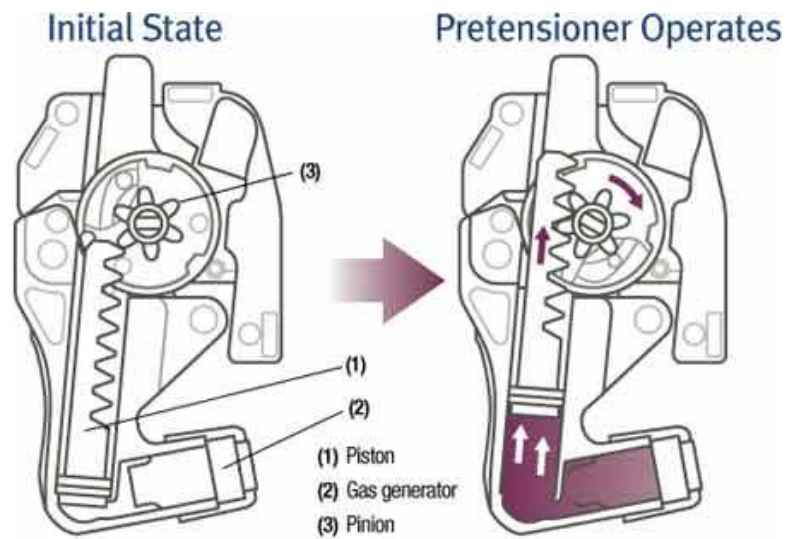


חגורת בטיחות שלוש נקודות היא חגורת הבטיחות הכי נפוצה שיש. זו החגורה שיש בכל מושב ברכבם החדשים בין אם מדובר על רכבים פרטיים או כלי רכב כבדים כמו אוטובוסים או משאיות, למרות שבחלק מהאוטובוסים והמיניבוסים עוד אפשר למצוא חגורות שתי נקודות גם בדגמים חדשים יותר, בעיקר בגלל השימוש הפחות בכל מקרה בחגורות אלו ובגלל הצורה של המושב. חגורת בטיחות זו מעגנת את הנוסע אל המושב גם באגן אך גם בעצם הבריח וכך ניתן למנוע תעופה מהרכב במידה רבה יותר וגם למנוע נזקים אחרים.

חגורת בטיחות ארבע נקודות :

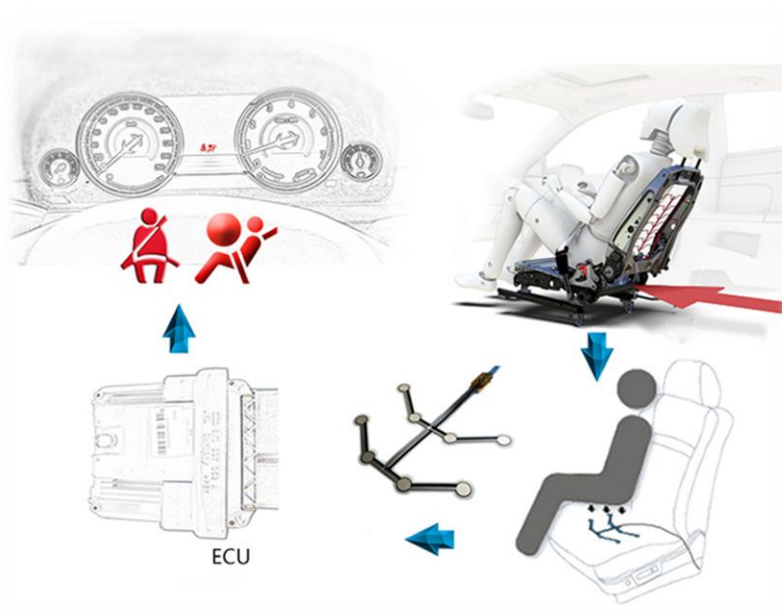
חגורת בטיחות ארבע נקודות היא חגורה הרבה יותר נדירה. היא נמצאת אך ורק במכוניות מירוץ או במכוניות ספורט וזאת בשל הסיכון הגבוה לפגיעה או לנזקים גופניים אפילו בשל בלימה פתאומית או האצה קיצונית. חגורה זו מעגנת את הנוסע אל המושב בארבע נקודות, שתי נקודות באגן ושתי נקודות בעצמות הבריח. חגורה כזו הכי בטיחותית שיש אך היא לא כל כך נוחה וכמובן לא כל כך מעוצבת.





הסבר נוסף על חגורות בטיחות :

כשאתה פרוס במושב שלך, האם ראית את שלט חגורת הבטיחות פועל? האם תהית אי פעם איך עובד חיישן חגורת הבטיחות? חיישני / מתגי חגורת בטיחות משמשים בתעשיות שונות כולל תעשיות הרכב והתעשייה. הם עשויים להפוך בקרוב לחובה גם באוטובוסים וברכבות. רכב יכול לכלול מספר סוגים של חיישנים: מושב נוסע לחיישן משקל, חיישן מהירות וחיישני חיבור באבזמים. ישנן פעולות מותנות המבוססות על מצב חיישנים. הם גורמים לנורית המחווה להידלק או לכיבוי האזעקה בפנים.

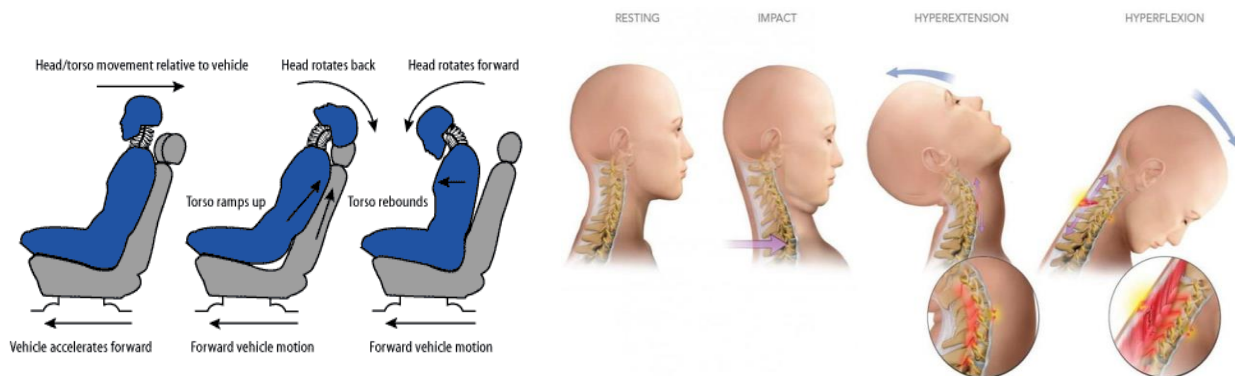


מערכת הגנה מפני צליפת שוט (WHIPS (whiplash protection system)

מערכת הגנה מפני צליפת שוט (WHIPS) היא הגנה מפני פגיעות צליפת שוט. המערכת מורכבת משענות גב סופגות אנרגיה וכריות מושבים, וכסאות ראש מעוצבים במיוחד במושבים הקדמיים.

WHIPS נפרס במקרה של התנגשות אחורית, שם לזווית ומהירות ההתנגשות ואופי הרכב המתנגש כולם משפיעים.

כאשר פורסים WHIPS, משענות הגב של המושב הקדמי מונחות לאחור וכריות המושב נעות כלפי מטה כדי לשנות את מיקום הישיבה של הנהג ונוסע המושב הקדמי. זה מצמצם את הסיכון לפגיעה בצליפת שוט.



מערכת הגנה להולכי רגל safety pedestrian protection

הולכי רגל נמצאים בסיכון מיוחד בתנועה. ברוב התאונות הולך הרגל מתנגש בקדמת הרכב. הדרישות החוקיות ומבחני הגנת הצרכן להגנת הולכי הרגל התחמקו משמעותית בשנים האחרונות. זה מציב אתגרים משמעותיים עבור ציוד חיישנים, אשר חייב לאתר באופן מהימן את ההשפעה בין הרכב להולכי רגל. המערכת האלקטרונית של Bosch להגנה מפני פגיעה פעילה בהולכי רגל היא פתרון בטוח וחסכוני, העומד בדרישות החוקיות להגנה על הולכי רגל על כלי רכב.

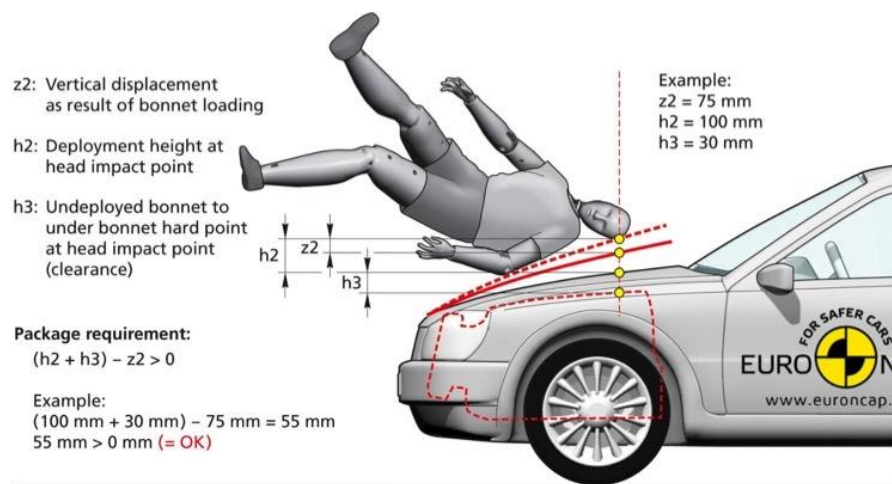


Figure 4: Bonnet deflection total clearance requirement

באיור ניתן לראות חישוב אשר בודק האם מכסה המנוע, מונע פגיע של האדם בחלקים הקשים הממוקמים בחלקו העליון של תא המנוע.

- הגובה h_3 הוא המרחק של מכסה המנוע מהמנוע עצמו.
 - הגובה h_2 הוא המרחק שעובר מכסה המנוע בזמן הפעלת המנגנון.
 - הגובה z_2 הוא המרחק שעובר מכסה המנוע כתוצאה מהפגיעה באדם.
- סכום הגבהים $h_3 + h_2$ פחות הגובה z_2 , חייב להיות גדול מ-0 כדי להמנע תהיה אפקטיבית.

מערכות בטיחות אקטיביות

אלו מערכות בטיחות המותקנות ברכב שמטרתן למנוע את התרחשות התאונה. בעבר, טרם כניסתן של מערכות אלקטרוניות לרכב, בטיחות אקטיבית, תיארה את הכלים שנותנת מכונית ספציפית לנהג, בכדי להימנע מתאונה כמו: תאוצות טובות יקצרו את זמני העקיפה וימנעו חשיפה לסכנה מיותרת, בלמים טובים או יכולת שינוי כיוון טובה יכולים לעזור לנהג לחמוק מצרה, וכו'.

הבטיחות האקטיבית מתקדמת בהדרגה כבר יותר משני עשורים –תחילה הופיע ה ABS שמונע את נעילת הגלגלים בבלימה ומאפשר היגוי גם בבלימת חירום וגם בלימה יעילה על משטחים דלי אחיזה, לאחר מכן הגיעה מערכת בקרת היציבות ESP שמונעת החלקה במצבי קיצון ובפניות מסוכנות – זו הקפיצה את הבטיחות של כל מכונית בצורה משמעותית.

עם כניסתן של המערכות האלקטרוניות, והתפתחותו של הרכב האוטונומי ניתנה האפשרות לייצר מערכות משוכללות שמסוגלות לקחת את הפיקוד על הרכב מהנהג לפני ותוך כדי מצבי נהיגה קיצוניים. מערכות בטיחות אקטיביות הינן מבוססות חיישנים הקוראים את נתוני הכביש, סימוני הדרך והתמרורים.

לפני שנרחיב על כמה מהן, חשוב שנבין מה העיניים והמוח (הבסיס) של מערכות אלו שהרי הן פועלות באופן עצמאי ללא התערבותו של הנהג כלל ...

מצלמה

מצלמה היא מכשיר היוצר תמונה ומאפשר לקבע אותה לאורך זמן, על מנת ליצור את התמונה המצלמה ממקדת על ידי העדשה את קרני האור המוחזרות מהעצם המצולם אל מישור המוקד הנמצא בתוך המצלמה.

העדשה היא רכיב אופטי המשמש להסטת קרני אור ויצירת תופעות אופטיות של מיקוד או פיזור של אור. עדשות עשויות בדרך כלל מזכוכית שעברה תהליכי עיבוד שנועדו למטרה מוגדרת.

במצלמה דיגיטלית הוחלף סרט הצילום הכימי החד פעמי בחיישן אלקטרוני קבוע המורכב מתאים שהופכים את קרני האור לפולסים (אותות) חשמליים. מהרגע שהחיישן המיר את האור לאותות חשמליים - מועברים האותות אל מעבד המצלמה ושם מתקבלת התמונה הסופית.



אורך מוקד העדשה הוא למעשה טווח שדה הראייה של העדשה. הוא מסומן במילימטרים המציינים את המרחק מהנקודה העיקרית בעדשה עד למשטח המיקוד – שזה בעצם החיישן. אורך מוקד העדשה משפיע על הפרספקטיבה (העומק הויזואלי) ועל עומק השדה שבתמונה. יחד עם זאת יש לו השפעה ניכרת על החישוב מרחקם של עצמים מכלי הרכב. מערכות רבות ברכב מודרני עושות שימוש בגודל העצמים כמו שהם מופיעים בתמונה המתקבלת על ידי המצלמה והשינוי בגודל זה במהלך תנועת הרכב.

בתמונה ניתן לראות את השפעת אורך המוקד שונה על גודלם של אובייקטים בתמונה.



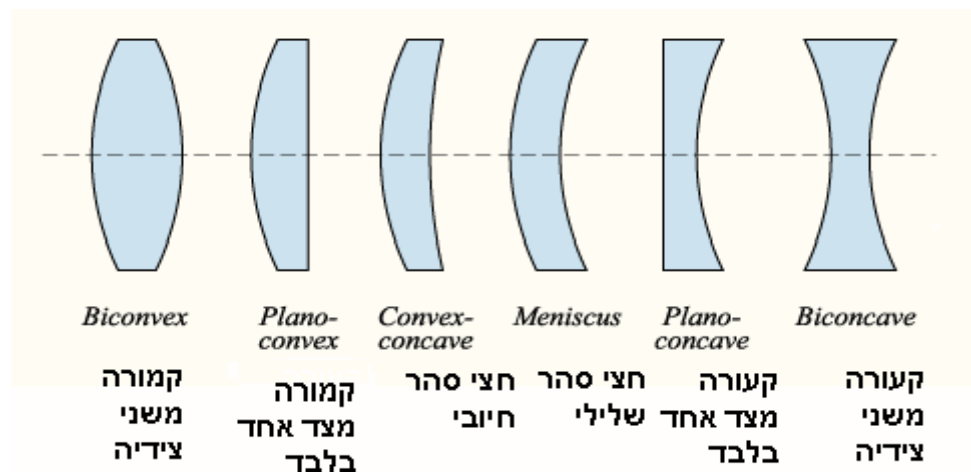
2 סוגי עדשות עיקריים:

1. עדשת "PRIME" - עדשת פריים היא עדשה בעלת אורך מוקד קבוע, לא משתנה.

מכיוון שהמבנה האופטי של עדשות פריים לא מכליל בתוכו את מערכת הזום (שבפני עצמה מצריכה זכוכיות נוספות ומערכת חכמה), מדובר בעדשות מאוד איכותיות שמגיעות לרוב עם צמצמים פתוחים שזה יתרון גדול בצילום בתנאי תאורה קשים. יתרון נוסף הוא בעומק השדה הרדוד ובבוקה (האזור בתמונה שאינו בפוקוס) שהן מייצרות. הן קיימות בהרבה טווחים והן העדשות האיכותיות ביותר.

2. עדשת זום - מדובר בעדשה בעלת אורך מוקד משתנה והיא מגיעה בשלל טווחים

שימושיים. מטרתה של עדשת זום היא להקל על הצלם מלהפעיל את שרירי הרגליים ולשנות את זווית הראיה בסיבוב טבעת הזום בלבד. הטובות שבעדשות הזום יקרות מאוד וזאת מכיוון שהמבנה האופטי שלהן מורכב.



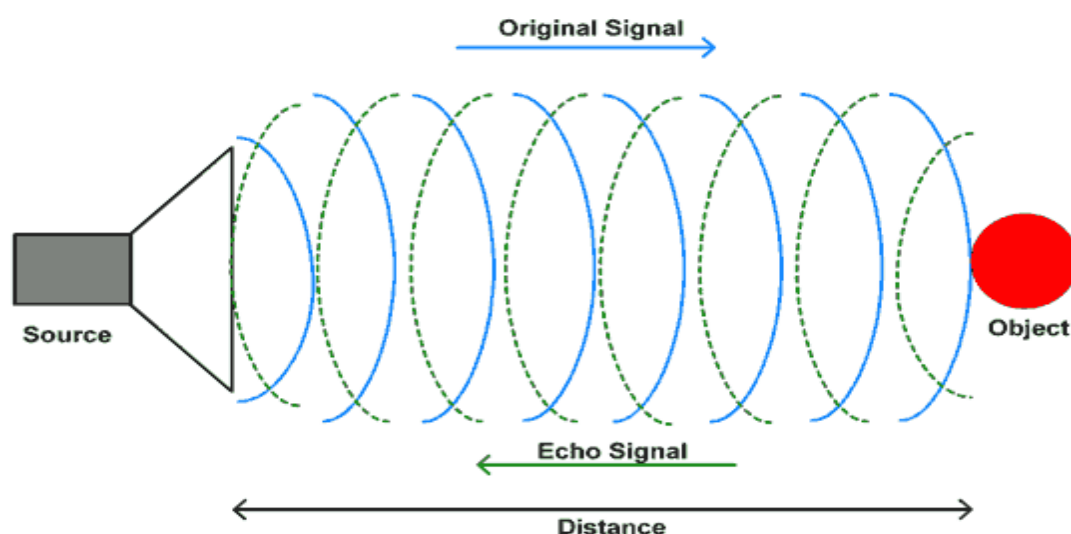
חיישן חשוב מאין כמותו הוא המצלמה. עדשה איכותית וחיישן טוב מצלמים באופן רציף את הדרך ושולחים את התמונות אל המחשב-מוח. יש שיטות שמסתפקות במצלמה אחת ואחרות נעזרות ביותר מאחת, כדי להעניק יכולת תלת ממדית, כבר בנקודת הצילום ולא רק בפענוח. יתרונות המצלמה ברכב - היא מספקת את התמונה המפורטת ביותר על תנאי הדרך. חסרונותיה ברכב - בדומה לעין האנושית היא מוגבלת בתנאי ראות בעייתיים, כמו מזג אוויר סוער ומעורפל ובלילה ובנוסף אינה יכולה לספק באופן פשוט נתונים כמו מהירות הרכב היחסית או מרחקו מאובייקט מסוים.

רדאר

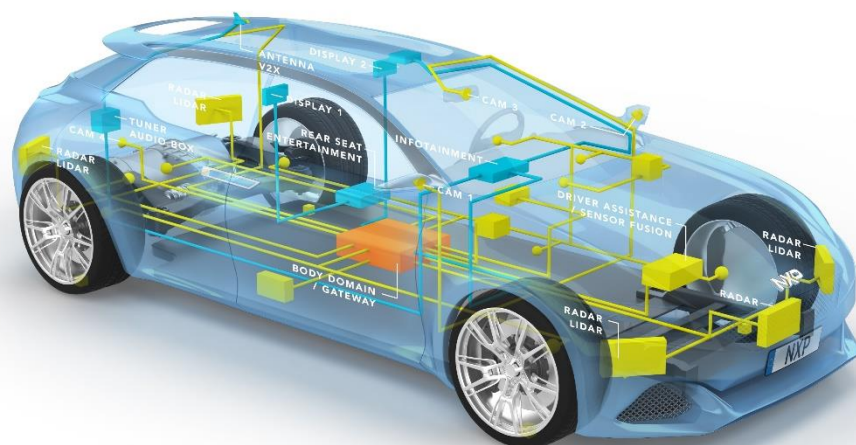
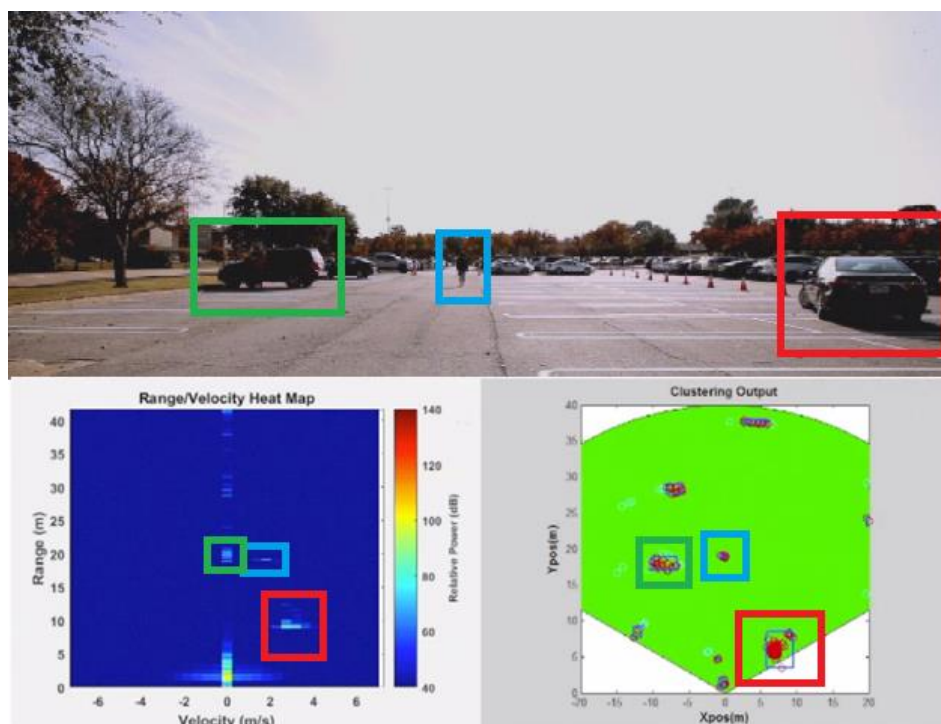
חיישן שני הוא הרדאר הישן והטוב, שמכונה גם "מכ"ם" (מגלה כיוון ומרחק). היא בעצם מערכת אלקטרונית לגילוי ומעקב אחר מיקומם של עצמים במרחב באמצעות שימוש בגלי רדיו באופן של שידור וקליטה. מלבד מיקום העצם הנצפה, בדרך כלל ביכולת המכ"ם להפיק מידע אודות כיוון תנועתו ומהירותו אם הוא בתזוזה, ואף גודלו וצורתו של העצם. המכ"ם יכול לשמש בין השאר לאיתור כלי טיס ושיט, טילים וחלליות, ואף להקות ציפורים ומערכות מזג אוויר.

לרוב מערכות מכ"ם מורכבות ממשדר המייצר את גלי הרדיו האלקטרומגנטיים, אנטנה המשדרת אותם לכיוון הרצוי, אנטנה הקולטת את גלי הרדיו החוזרים (לעיתים רבות אנטנה אחת משמשת הן לקליטה והן לשידור) ומקלט עם מערכת לעיבוד גלי הרדיו החוזרים, המספקת מידע אודות העצמים הרלוונטיים.

גלי הרדיו המשודרים מהאנטנה יוצאים למרחב ופוגעים בעצמים שבו, לאחר פגיעות אלו הם חוזרים אל המכ"ם ונקלטים במקלט לאחר שנקלטו באנטנה. לפי אורך הזמן שעבר מרגע שידור האות לחזרתו, ולפי שיטות נוספות, מסוגל המכ"ם לחשב את מרחקו וכיוונו של העצם הנסרק ממקור השידור ועל ידי כך לאתר את מיקומו.



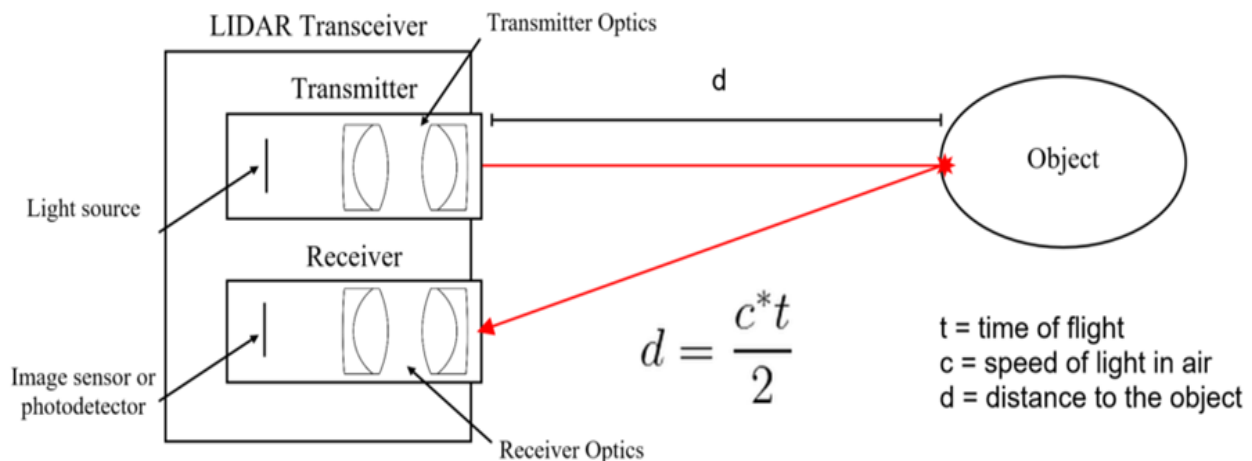
הרדאר ברכב מייצר מפה תלת ממדית של השטח שלפני המכונית באמצעות גלי רדיו, וכך מאפשר להבין אם לפני המכונית נמצאים מכשולים ומאיזה סוג. יתרונו של הברורים של הרדאר בשטח כיסוי רחב וטווח פעולה למרחקים גדולים וביכולת פעולה גם בתנאים שבהם בני אדם אינם מסוגלים לאסוף מידע וכן במחירו הזול יחסית. חסרונותיו - המידע שנאסף הוא ברזולוציה נמוכה והוא אינו מפרט טוב כמו החיישנים האחרים באשר לטיב האובייקט שלפניו.



לידאר

אחד החיישנים החשובים בעידן המכוננית האוטונומית הוא רדאר האור (Lidar, Light Radar). עקרון הפעולה הבסיסי שלו דומה לזה של הרדאר, אולם כאן את גלי הרדיו מחליפות קרני לייזר.

הטכנולוגיה נועדה למדוד ולמפות עצמים שונים ע"י זריקת קרן לייזר ומדידת החזר האור שלהם (Reflection). המערכת זורקת קרני אור בזמנים ידועים מראש בעזרת המשדר (Transmitter) ואוספת אותם בעזרת המקלט (Receiver). החישוב המדויק שבו לוקח זמן לקרן הלייזר לחזור מאותו עצם, מהווה את הבסיס לחישוב המרחק ומהירות העצמים מהם הוחזרה אותה הקרן אור. חיישן הלייזר מסתובב במהירות ונותן מיליוני פעימות בשנייה על מנת להקנות תמונה חיה תלת ממדית ב – 360 מעלות.



לאחרונה חיישני לידר זכו לתשומת לב רבה מתעשיית הרכב, כמרכיב מפתח לנהיגה אוטומטית ברמה גבוהה. חיישני לידאר יכולים להעניק לרכב פונקציות רבות כגון. איתור התנגשות, ניטור שטחים מתים, זיהוי עצמים והולכי רגל, ומיפוי השטח כמו שמתבצע על ידי חברת גוגל .



יתרונות של הלידאר:

מעניק מידע מדויק, מהיר וברזולוציה גבוהה הרבה יותר מזו של הרדאר, הוא גם מתמודד עם תנאי ראות מורכבים יותר מאלה שלהם מסוגלת העין האנושית.

חסרונותיו:

הוא אינו מכסה את הטווחים הגדולים של הרדאר ומחירו גבוה ממנו באופן משמעותי.

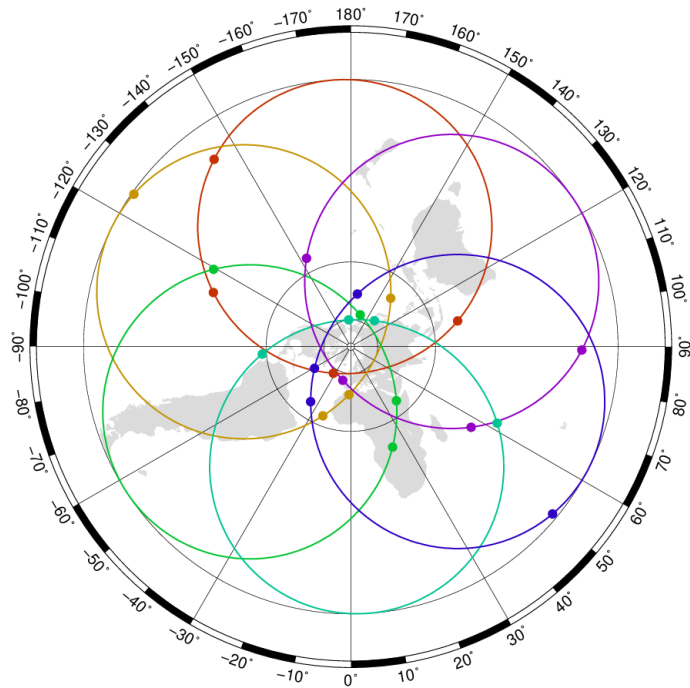
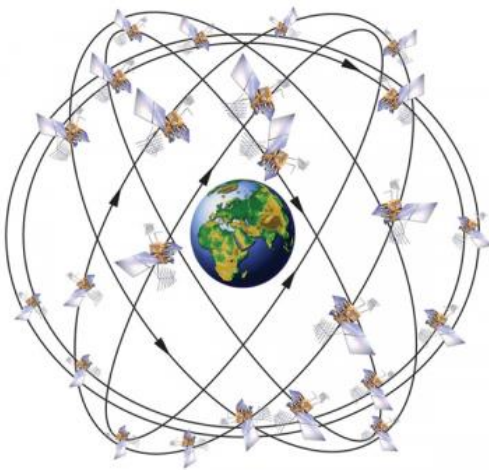


הדמייה של סריקת השטח סביב הרכב, באמצעות חישן Lidar.

מערכת מיקום גלובלית (GPS (Global Positioning System

מערכת ניווט לוויינית המתבססת על כמה עשרות לוויינים ייעודיים ששיגרה מחלקת ההגנה של ארצות הברית. הלוויינים סובבים סביב כדור הארץ ומשדרים אותות זמן מדויקים המבוססים על שעונים אטומיים שהם נושאים.

אותות אלה נקלטים על ידי מכשירים שונים רבים מספור, ומשמשים בדרך כלל לקביעת המיקום המדויק של המכשיר לצורכי ניווט. השם GPS משמש גם כשם כללי למערכת ניווט שמספקת מעבר למיקום גם מפות והכוונה לנקודות יעד.



כל לווייני ה-GPS משדרים בתדר 1.57542 גה"צ ובתדר 1.2276 גה"צ. הנתונים נשלחים בקצב של 50 סל"ש, בטכניקת CDMA. הנתונים המשודרים הם:

- אות הזיהוי של הלוויין.
- המיקום המסלולי של הלוויין.
- הזמן לפי שעון אטומי.

קביעת המיקום של מקלט ה-GPS נעשית על ידי חישוב מרחקו של המקלט מכל אחד ממלווייני ה-GPS שבקו הראייה. החישוב מתבסס על הזמן שלקח לאות להגיע מהלוויין למקלט, המחושב לפי שעת קליטת האות הלווייני במקלט ה-GPS, לפי השעון שבמקלט, פחות שעת שידור האות בלוויין, לפי השעון האטומי של הלוויין, כפול מהירות אות הרדיו (מהירות האור). המערכת מאפשרת ל"מוח" הרכב להבין לא רק אם מתקרבת מולנו משאית גדולה, אלא איפה אנחנו נמצאים בדיוק בכדור הארץ, האם לקראתנו פנייה חדה ואם אנחנו מסונכרנים במפה בדיוק לקראת האזור החסום לצורך עבודות במהלך עשר השעות הקרובות לצורך העניין.



כל האותות של החיישנים הללו ביחד יוצרים למחשב הרכב תמונה אחידה המאפשרת לו להתנהל בצורה הטובה ביותר .

ועכשיו נרחיב על כמה ממערכות הבטיחות האקטיביות החדשות:

מערכת הבלימה האוטונומית – AEB (Autonomous Emergency Braking)

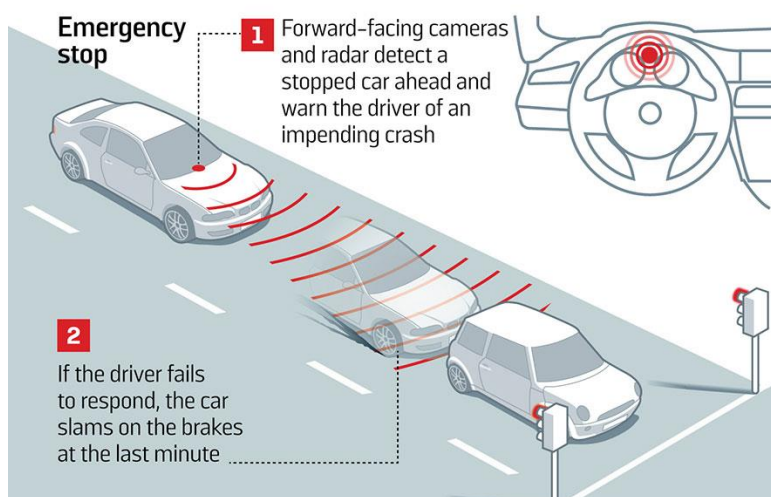
מערכת זו היודעת לזהות התנגשות מתקרבת ולבלום את הרכב באופן עצמאי בחוזקה, "לוקחת את העניינים לידיים". חלקן פעילות רק במהירות עירונית, והטובות שבהן מתפקדות גם במהירות גבוהה ויודעות לזהות גם אופנועים, הולכי רגל ואופניים.

למה זה חשוב?

כי במקרה של הסחת דעתו של הנהג (עיסוק בטלפון הנייד, למשל, שזו סיבה מרכזית לתאונות דרכים כיום), בלימה אוטונומית היא למעשה הדבר היחיד שיכול למנוע תאונה.

איך זה עובד:

מערכות בלימה אוטונומיות מבוססות ראשית כל על חיישנים, ואלה כוללים מצלמה, רדאר, לידאר, וחיישן אינפרא-אדום (רגיש לחום). (חלק מיצרניות הרכב מצמצמות את סיכויי הכשל של זיהוי מכשולים כאשר הן משלבות סוגים שונים של חיישנים כאלה). כאשר מחשב המערכת מקבל אינדיקציה על התקרבות מהירה מידי לרכב שמלפנים, להולך רגל או למכשול נייח כלשהו, הוא מייצר התרעה אור-קולית כדי לגרום לנהג להגיב, ואם הנהג לא עושה שום דבר מפעילה המערכת את הבלמים באופן שמונע את התאונה או לכל הפחות מפחית משמעותית את חומרת הנזק שלה. רוב המערכות מנתקות את עצמן ברגע שהנהג מגיב להתרעה ומתערב, למשל על-ידי נגיעה בבלמים.



תקלות אפשריות:

מקרים של הפרעות בראות המצלמה כמו הצטברות לכלוכים על השמשה הקדמית של הרכב באזור מיקום המצלמה או עצם מסוים שמפריע לה לזהות את הדרך - יגרמו למערכת להפסיק לעבוד ותידלק נורת חיווי . הפתרון הוא לנקות את הצטברות הלכלוכים על השמשה באזור או המצלמה או להזיז עצמים שמפריעים לראות הדרך .



נורית אזהרה – בלימת חירום אוטונומית
(AEB/FCM), נדלקת כאשר ישנה תקלה במערכת



מערכת לתיקון סטייה מנתיב - LKAS (Lane Keeping Assist System)

סטייה מנתיב הנסיעה גורמת למספר רב של תאונות דרכים קשות מדי שנה, מערכת זו באה לתת מענה למצבים כאלו על ידי סיוע אקטיבי בשמירה על נתיב הנסיעה, הכולל חיווי בלוח השעונים, התראה קולית ותיקון אקטיבי של ההגה. כשהמערכת מזהה סטייה של הרכב מנתיב הנסיעה בלי תגובה מיידית של הנהג, מתבצע תיקון מסלול אוטומטי.

איך זה עובד:

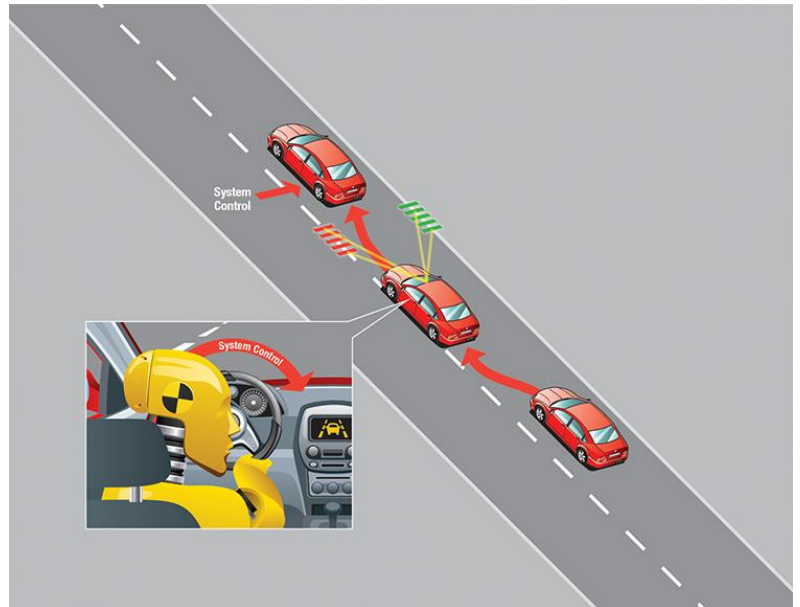
באמצעות שימוש במצלמה לאיתור סימוני הנתיב בדרך שלפניכם הנמצאת מאחורי השמשה הקדמית של הרכב ובעזרת מערכת תיקון הגה, במקרה שהרכב סוטה מנתיבו ללא הפעלת איתות, מערכת ההתרעה תתריע באזהרה קולית וויזואלית וכן תשתלט על ההיגוי ותנתב את הרכב בעדינות חזרה לנתיב. במקרה שבו המערכת תרגיש התנגדות מצד הנהג, היא תבטל מיד את פעולתה. המידע הנקלט במצלמה, מנתח את מיקום הרכב ביחס לפסי סימון הכביש המגדירים את הנתיבים והשוליים. כל חציית קו ללא הגדרת כוונה מראש (הפעלת איתות לפנייה ימינה/שמאלה), נתפס על ידי המערכות כסטייה מנתיב המסכנת את נהג הרכב וסביבתו. חלק מן המערכות אף דוגמות את מיקום הרכב ביחס לרכבים אחרים הנעים באותו נתיב, או בנתיבים סמוכים ועל ידי כך הן יוצרות תיחום דמיוני לנתיבים (בעיקר בכבישים בהן קווי הסימון נמחקו). כאשר זוהה מצב של סטייה מנתיב המחייבת התערבות (תגובה איטית/חוסר תגובה), נכנסת לפעולה מערכת המחוברת אל מוט ההיגוי ויוצרת בו רעד קל שמאותת לנהג כי פעולת הסטייה המתבצעת על ידו נתפסת כמסוכנת, במצב זה המערכת מתערבת בפעולת ההיגוי ומנתבת את הרכב בעדינות חזרה לנתיב. פעולת ההשתלטות של הנהג על ניהוג הרכב, מפסיקה מיד את פעולת ההתערבות.



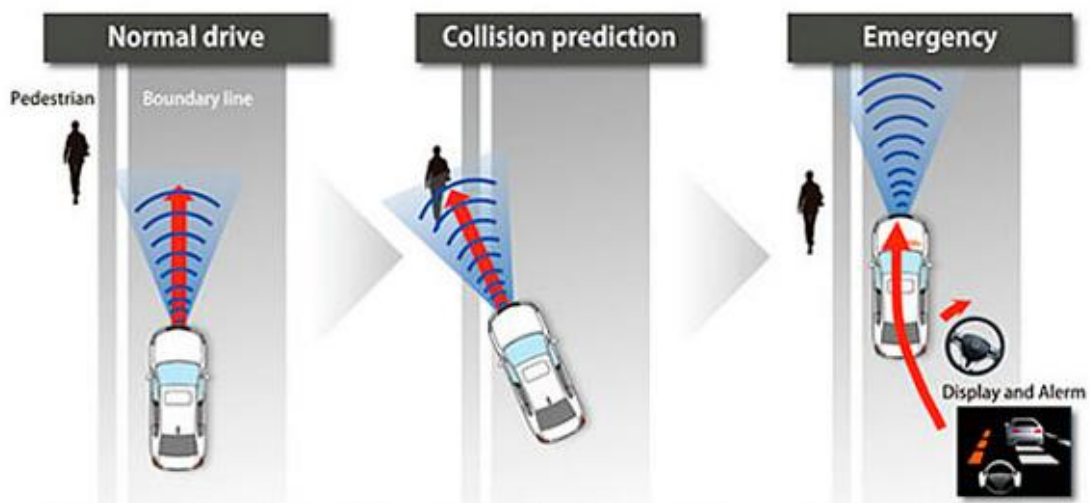
LKA



נורית מערכת עזר לשמירה על נתיב (LKA), נדלקת
בירוק כאשר המערכת מזהה את קווי נתיב הנסיעה,
והרכב נע במהירות העולה על 65 קמ"ש



מערכות נוספות בתחום זה, מיועדות לתת מענה על סטייה מנתיב הנתפסת כתוצאה של
היסח דעת. המערכת מורכבת משתי מצלמות- אחת עוקבת אחר מיקום הרכב בנתיב
והשנייה עוקבת אחר תנועת העיניים והראש של הצוואר של הנהג. במידה ומזוהה סיכון
לתאונה- ירידה מן השוליים, או קרבה אליהם כאשר הנהג נתפס כמי שאינו מתרכז בדרך
שלפניו (ראש מוטה הצידה, עיניים לא מופנות קדימה/עצומות), מתערבת מערכת השולטת
בהיגוי ומחזירה את הרכב אל מרכז הנתיב.



1

2

3

מערכת השבתת התנעה/פעולת הרכב כתוצאה מרמת אלכוהול גבוהה של הנהג (Alcohol interlocks)

מערכת זו נועדה למנוע את הסיכון לתאונה המתרחשת בשל אובדן השליטה/קשר עם הסביבה וקשיים בתפקוד המוטורי הנדרש מן הנהג לנהיגה. מערכת השבתת התנעה/פעולה של הרכב בעקבות רמת אלכוהול בדם הגבוהה מן המותר, מתערבת לאחר קביעה כי רמת האלכוהול בגופו של הנהג, מהווה גורם המסכן את הנהג וסביבתו בשל רמה נמוכה של יכולת עיבוד המידע ופגיעה ביכולת קבלת ההחלטות.

איך זה עובד:

- קיימות מספר טכנולוגיות המנטרות (מעקב בצורה אלקטרונית) את רמת האלכוהול בדם.
1. מערכת המורכבת מנשפן (צינור המחובר למכשיר ניטור אלכוהול) ומכשיר ניטור. המכשיר מחובר אל מחשב הרכב. לפני התנעת הרכב ובמהלך הנסיעה, מתבקש הנהג לנשוף לתוך הצינורית. במידה וזוהתה רמת אלכוהול הגבוהה מן המותר, מושבת מנוע הרכב והנהג אינו יכול להמשיך בנהיגה עד ירידת ערכי האלכוהול.
 2. חיישן אוויר מתקדם שלא מצריך נשיפה מיוחדת ומותקן על ההגה בוחן את ריכוז האלכוהול הנפלט מפיו של הנהג ויכול לזהות בקלות אם קיים ריכוז חריג מהנורמה בדמו של הנהג.
 3. מערכות המזהות את רמת האלכוהול הנמצא בזיעת הידיים, נמצאות בשלבים שונים של פיתוח. המערכות, מורכבות מסדרת חיישנים עדינים השזורים במעטפת ההגה, או ידית ההילוכים. רמת האלכוהול הנמדדת דרך הזיעה מכף היד, גורמת למערכת לאפשר התנעה או להשבית את הרכב.
- חלק מן המערכות מחוברות אל מרכזי ניהול צי" רכב ומדווחים בזמן אמת על מצבו של הנהג.



מערכת תאורה חכמה - AFLS (Airfield Lighting System)

מערכת התאורה ברכב נחשבת לאחת ממערכות הבטיחות שמותקנות בו, לצד בלמים, צמיגים, מתלים והגה.

בעבר, תאורת הפנסים הייתה רגילה והשימוש היה בנורה פשוטה אשר הייתה מעניקה אלומת אור לטווח מסוים, בתקווה כי היא תסייע ככול שניתן לזיהוי עצמים בטווחים רחוקים והנהג היה שולט על אור גבוה או אור נמוך.

המערכת החכמה החדשה מעניקה לנהג את תנאי התאורה הטובים ביותר בכל רגע נתון ולא מסנוורת או מפריעה לתנועה. החלפה אוטומטית בין תאורת יום ללילה בהתאם לתנאי הדרך, מונעת סינוור רכבים ומגבירה את הבטיחות בנהיגת לילה.

איך זה עובד:

בבסיס מערכת התאורה יש מצלמת אינפרא אדום, מעבד רב עוצמה, ומקור אור בר תכנות. המצלמה לוכדת מספר רב של תמונות ברצף המוארות על ידי הפנסים, והמעבד מסייע לנתח אותן כדי לזהות עצמים בעלי עניין, דוגמת מכוניות, תמרורים והולכי רגל, ומגיב בהתאם באמצעות הכוונת התאורה.

בנוסף המערכת מתחברת למערכת הניווט החכמה של הרכב "ולומדת" את מסלול הנסיעה, מכוונת את התאורה וכל זאת לפי תנאי הדרך והמסלול עוד לפני שהנהג בכלל מזיז את ההגה ובכך משפרת את תנאי התאורה לנהג מבלי שיתאמץ לעשות דבר.

דוגמה לפעילות המערכת:

תאורה בינעירונית עם פונקציית גשם (C1) -

פונקציה זו אמורה להפחית ולצמצם את סנוור הנהגים הבאים ממול כתוצאה מהשתקפות אלומת האור על כביש רטוב (מצב גשם). מצב זה מפעיל פיזור אור שהינו קצר יותר אך רחב יותר, על מנת למנוע מצב של סינוור כלי הרכב הבאים ממול.

אבחון המערכת:

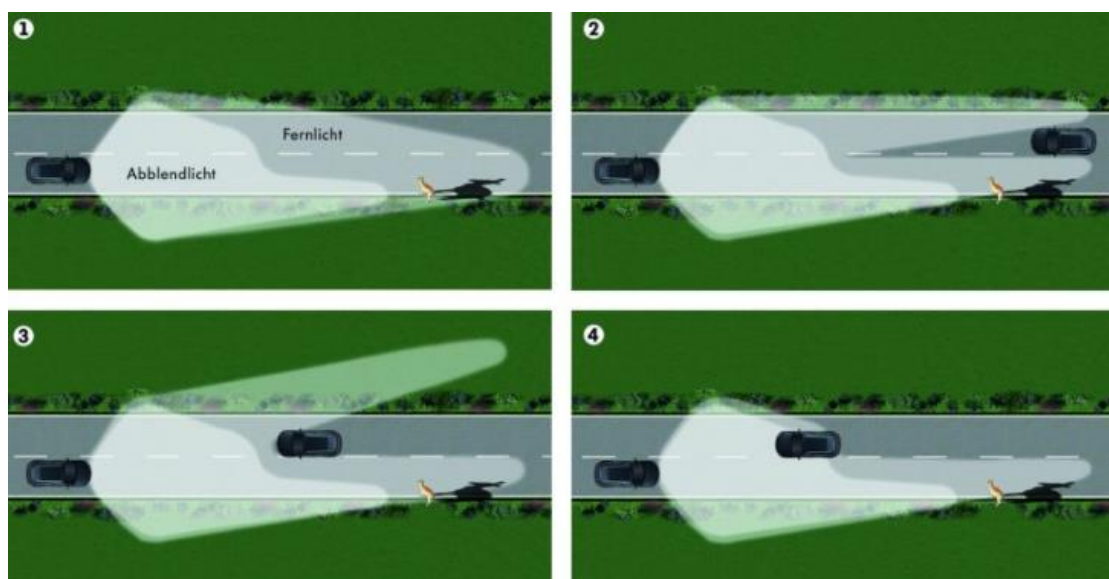
מערכת זו מבוקרת על ידי יחידת בקרה אשר מנתחת נתונים משאר יחידות הבקרה (linbus) ומעבירה פלט הפעלה ליחידות הבקרה והמנועים בפנסים הקדמיים.

עקב כך ניתן לתקשר עם יחידת בקרה זו על ידי שימוש במכשיר אבחון ייעודי. בפעולת אבחון זו ניתן לבצע בדיקת זיכרון תקלות, קבלת מידע ומשוב לתפקוד המערכת, והחשוב ביותר הינו הפעלה יזומה של הטכנאי לבדיקת תקינות המערכת בפועל. פעולה זו נותנת למוסך יכולת תקשור עם מערכת זו, וכן אפשרות מקצועית לאבחון תקלות, סטאטוס הפעלה ובקרת תפקוד.

AFLS

AFLS

נורית אזהרה מערכת פנסים קדמיים אדפטיביים, במידה ולאחר כיבוי והתנעת הרכב מחדש הנורית עדיין דולקת, יתכן ויש תקלה במערכת.



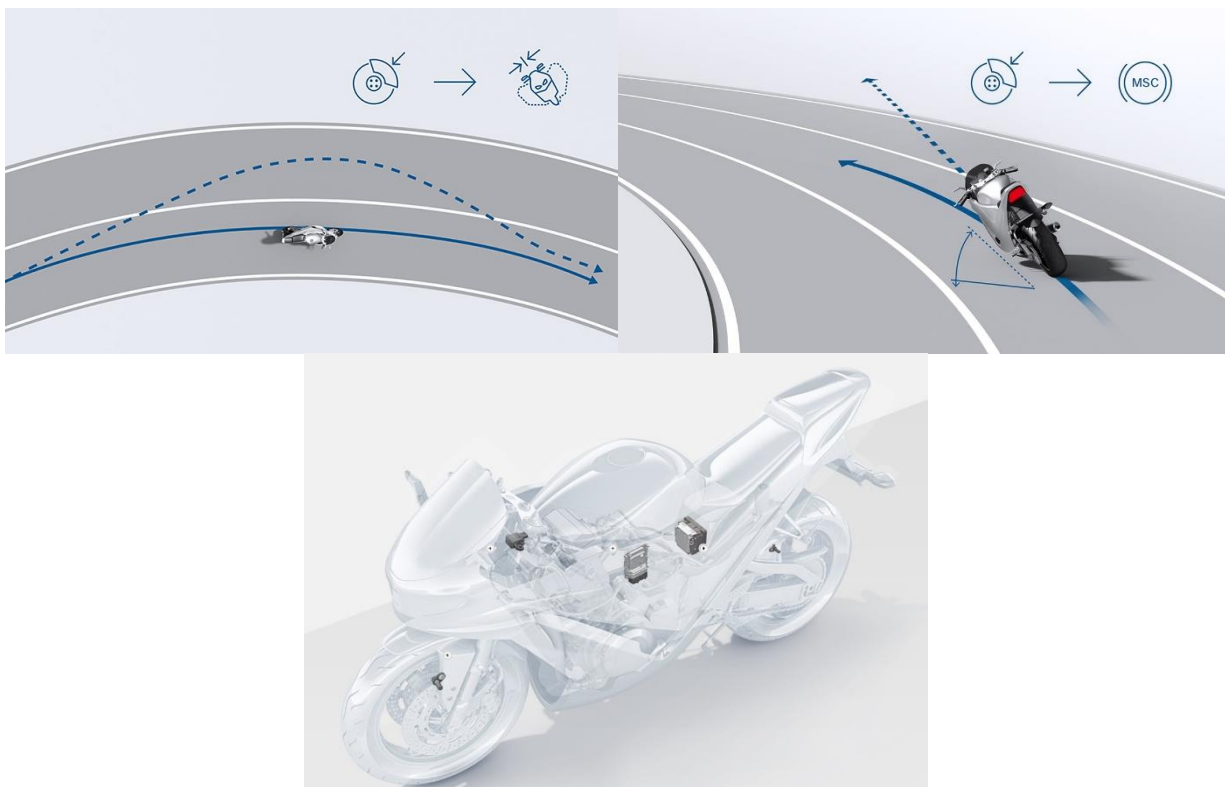
מערכות בטיחות ברכב דו גלגלי

עד היום נראה שמערכת הבטיחות העיקרית של רוכבי האופנוע הייתה הערנות שלהם. אך בשנים האחרונות שוק מערכות הבטיחות וההגנה לכלי רכב שעשה מהפכה בשוק המכוניות, מעביר את מבטו לעולם הדו-גלגלי, והמהפכה ממש בפתח.

דוגמא למערכת בטיחות אקטיבית ברכב דו גלגלי :

בקרת יציבות MSC

מערכת אמינה ומתקדמת בהרבה מה-ABS היא ה-MSC. מערכת בקרת יציבות אקטיבית, שבניגוד לאחותה הבכורה (שפועלת שניות ספורות לפני ההחלקה) פעילה בכל רגע נתון



בנסיעה, מחשבת כוחות חיצוניים הפועלים על האופנוע כמו לחץ, זוויות הטיה, פניות חדות ואת עוצמת התאוצה והבלימה. הנתונים נאספים על ידי חיישני תנועה ותאוצה, ומערכת ה-MSC משתמשת בהם ומשלבת את עצמה בבלימה מבוקרת ומווסתת של האופנוע. פעילות המערכת אינה "מורגשת" ובכך בעצם היא הופכת את הרכיבה לבטוחה בהרבה ומונעת מראש כניסה למצבים מסוכנים.

החיסרון של ה-MSC היא העלות שלה. הטכנולוגיה יקרה מאד וניתן לקבל אותה רק כחלק מובנה באופנוע. כלומר מראש ניתן להשיגה רק באופנועים חדשים שמחירם בהתאם, וגם נוכחות של מערכת כזו מעלה מאד את מחיר האופנוע.

מערכות בטיחות לרכב משא כבד מעל 12 טון

למערכות בטיחות ברכבים כבדים ישנה חשיבות רבה, ברוב המקרים מדובר בכלי רכב גדולים, אשר מעורבותם בתאונות דרכים קטלנים. בנוסף נהגים של כלי רכב כבדים, מבצעים נסיעות ארוכות מאוד שעות רבות ברצף. מה שמגדיל את הסיכוי שיהיו מעורבים בתאונות דרכים.

בקרת יציבות אלקטרונית (ESC (Electronic Stability Control System

על ידי הפעלת בלימה לגלגלים שנבחרו, מערכת ESC מסייעת לתקן סטייה מ- המסלול הרצוי של הנהג. מערכת ESC מעריכה את הנתבי המיועד של הנהג ומשווה אותו עם הכיוון בפועל על ידי ניטור הנהיגה, כניסות (מצערת, רמת בלימה וזווית ההיגוי) וביצועי הרכב (לרוחב האטה, האטה בפניה וסיבובי גלגלים). מערכת ESC עשויה להיות יעילה במצבים שם יש



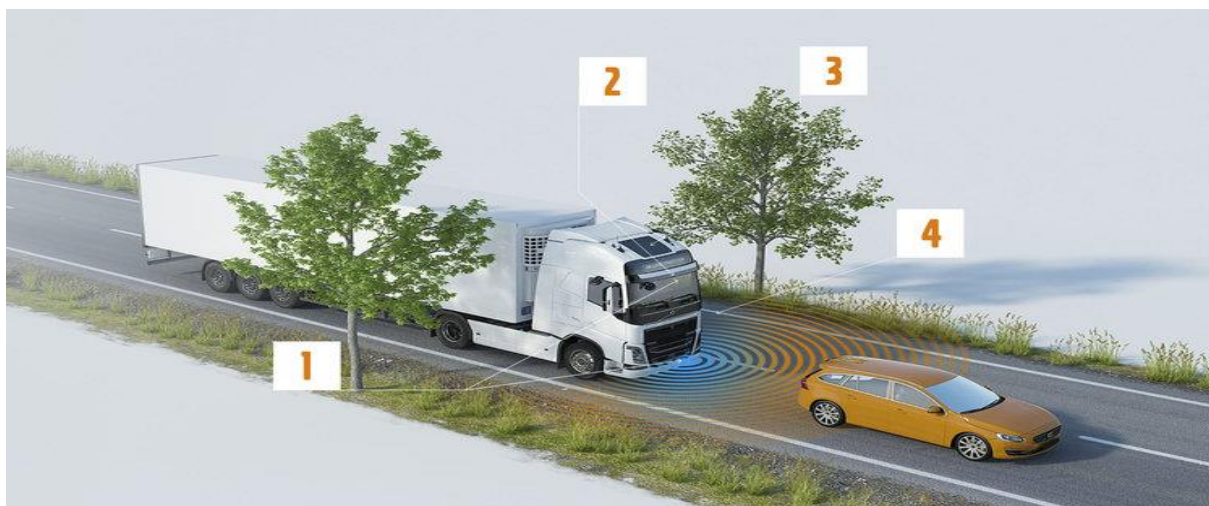
אובדן שליטה כיוונית ויכולה לעזור במניעת קריסות בעת הפעלה. כדי למזער את התנדנדות הטריילר בעת בלימה קשה, מומלץ על נגררים המחוברים לרכב גרירה עם ESC למערכת יש ABS יציאה מומלץ בחום בעת רכישת חדש רכב מכיוון שלא ניתן להחזיר אותו בצורה חסכונית. מחקרים מראים ש- ESC התאים לכלי רכב כבדים העלולים למנוע כ-4% מתאונות קטלניות של רכב כבד.

מערכת יציבות רול טריילר TRS (Trailer Roll Stability)

מערכת TRS יכולה לחזות את סף ההפעלה ואת ה- מהירות קריטית שבה זה יכול להתרחש על ידי ניטור מהירויות גלגלים, חלוקת משקל בין קדם רכב לצדדים, תאוצה רוחבית בפועל תלויה גם בלחץ האוויר. כאשר המהירות בפועל מתקרבת למהירות הקריטית, מערכת TRS מפעילה את הבלמים ומאטה את הגרר למטה כדי למנוע התהפכות. מערכת TRS היא תקן תכונה וניתן להחלפה מחדש כאלמנט אחד של חלוקת בלמים אלקטרונית, זמינה עבור נגררים באוסטרליה.

מערכת בלימת חירום אוטונומית AEB (Autonomous Emergency Braking)

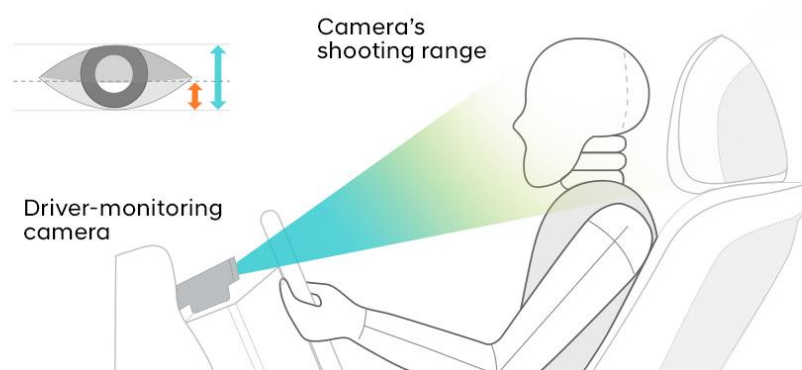
מערכת AEB תפעיל בלימה כאשר מדובר באיום התרסקות אשר מזוהה מיד לפני הרכב. המערכת איתור משתמשת בחיישני רדאר / או חיישנים אופטיים בדרך כלל משולב עם מכ"ם או טכנולוגיית עיבוד ראייה אופטיקה כגון Adaptive בקרת שיוט ויציאה ממסלול.



טכנולוגיית AEB יעילה מאוד למזעור התנגשויות עם כלי רכב הנוסעים באותו כיוון. להתחמק מקרוואן מתנדנד כאשר ישנה בלימה קשה, הנגרים מחוברים אליו מומלץ לרכב גרירה עם מערכת AEB להחזיק מערכות בלימה של אנטיילוק לא ניתן להחליף מערכת זו בצורה חסכונית. מחקרים מראים כי AEB המותאם לרכבים כבדים עשוי למנוע כ- 25% מההתרסקויות קטלניות ברכב כבד.

מערכת ניטור עייפות נהגים Driver Fatigue Monitoring System

מערכות לניטור עייפות נהגים מפותחות ברחבי העולם באמצעות טכנולוגיות שונות, כולל צגי הגה ומעקב אחר עיניים. מערכות המותקנות בתא הרכב או מותאמות משקפיים מיוחדים שרכש הנהג יכולים להתמקד בכל אחד מעיני הנהג. יחידת עיבוד אופטית מודדת זמן שלוקח לעפעף להיפתח מחדש אחרי כל מצמוץ. תגובות עפעפיים איטיות יותר מעידות על עייפות הנהג, והמערכת נלחמת בזה בשתי דרכים. ראשית, מופקת אזהרה כדי לספק הודעת



אזהרה עייפות מיידית. שנית, המערכת אוספת היסטוריה של עייפות שמפקחת על אותו נהג. עייפות מנטרת עיניים ומערכות פיקוח זמינות כרגע הן רק מערכות מעוצבות. עם זאת, הטכנולוגיה היא התפתחות ומערכות הניטור יכולות להיות זמינות כמערכות משולבות על ידי מקור היצרן. מחקרים מראים שימוש במערכות התרעה על עייפות ב- כלי רכב כבדים עשויים למנוע כ-4%. מהתרסקויות קטלניות של כלי רכב כבד

מערכת בקרת משיכה אוטומטית ATC Automatic Traction Control System

מערכת ATC דומה ל- ABS ומשמש למניעת אובדן מתיחה שעלול לגרום לחלק האחורי שמחליק בתגובה דו-שלבית. ראשית, ה- ATC מפחית את מומנט הכונן. שנית, זה חל על בלמי השירות בצד אחד משני צידי הכונן, פעולה אשר מונעת החלקה ונועלת את הדיפרנציאל. ATC נמצא בשימוש נרחב על משאיות באופן שגרתי נתקלים בתנאי דרך גרועים כגון כריתת עצים ואתרי בניה. בעוד ATC יכול למנוע אובדן שליטה כיוונית תחת מאמץ משיכה, מערכות ATC רבות מיועדות לעבוד במהירויות נמוכות בלבד. מכיוון שהפונקציה נגד החלקה היא תכונה סטנדרטית של מערכות ESC ו- כולל תגובה לאירועים שכוללים החלקה אחורית בגלל אובדן מתיחה, ללא קשר למהירות, ESC למערכות יש יתרון בטיחותי הרבה יותר. מערכות ATC ניתן להתקין מחדש בשילוב עם מערכות ABS, אך הוא בדרך כלל חסכוני יותר כאשר נרכש עם רכב חדש.

ביקור במרכז שירות ארצי BMW:

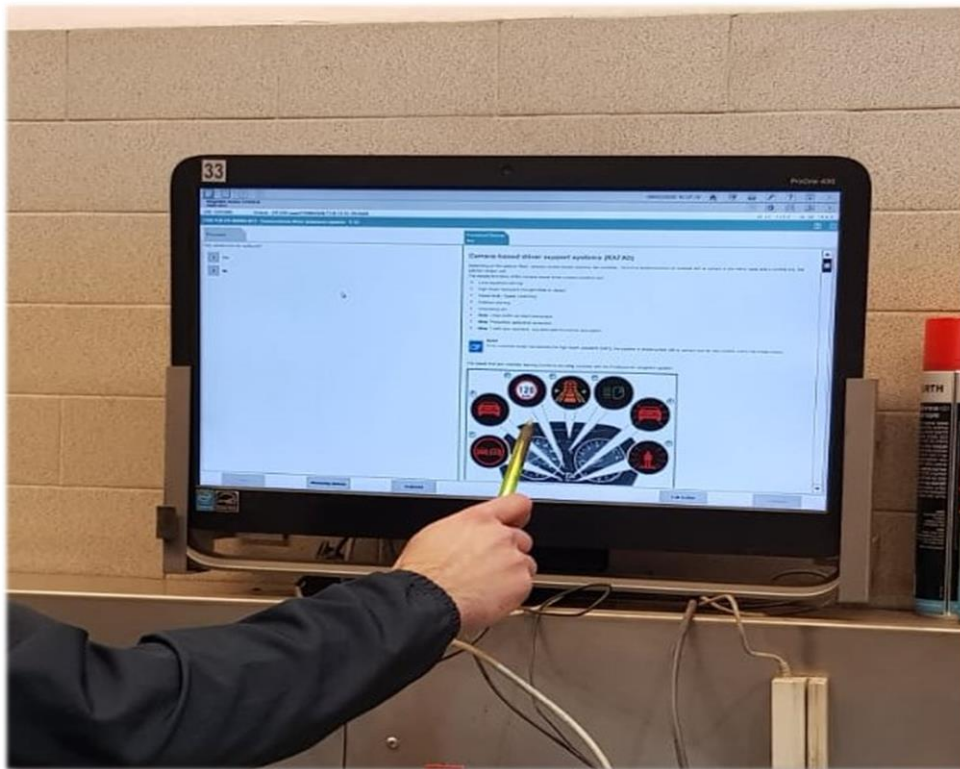
במהלך סיור במרכז השירות אספנו מידע רלוונטי לפרויקט במטרה להעשירו .

להלן כמה נתונים מהשטח :

כיול מצלמה:

הכיול יכול להיות יזום למשל לאחר החלפת מצלמה או שמשה, או כיול מחייב לאחר קבלת קוד תקלה .





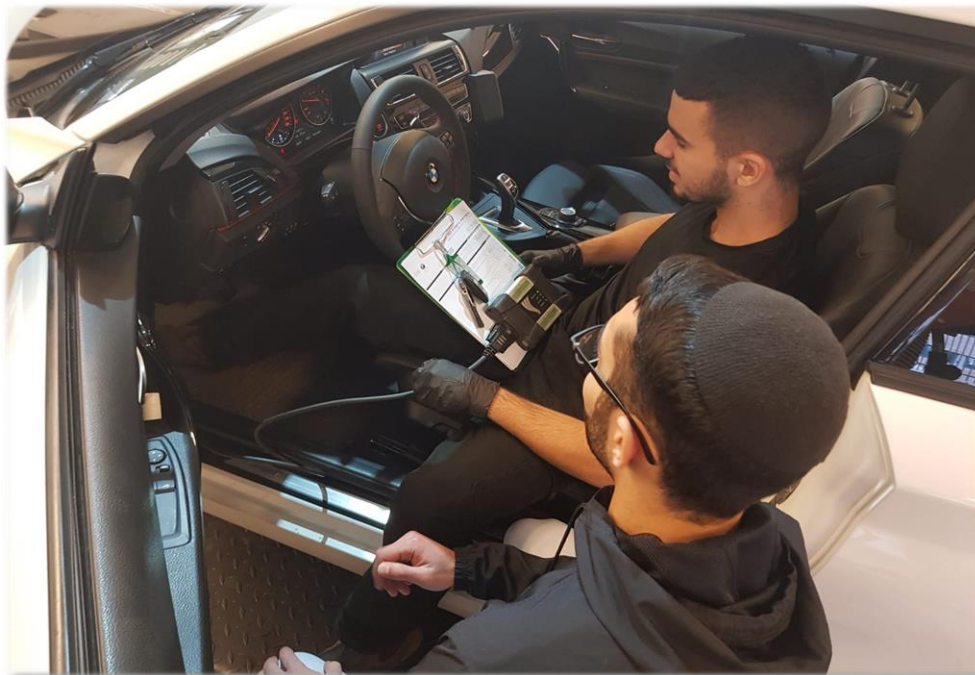
חיישנים ומצלמת רוורס.

בהתקנות מקומיות של חיישני חנייה ומצלמת רוורס הבדיקות והאבחון נעשות בצורה יזומה או לאחר תלונת לקוח.

אופן הבדיקה:

בבדיקת חיישני רוורס נשים הילוך R נלחץ על הברקס ונבקש מאדם אחר לעבור מאחורי הרכב ובדוק האם כל החיישנים מצפצפים .

בהתקנות מקוריות הבדיקות והאבחון נעשות באופן מחייב זאת אומרת רק לאחר שמקבלים קודי תקלות, ונורות חיווי שנדלקות .



הגה.

במערכת בקרת שיוט אדפטיבית קיים רגש/חיישן אחיזה בגלגל ההגה שמתריע במקרה של

עזיבה ממושכת/אי אחיזה בהגה



בס"ד

פנסים.

ניתן לאבחן באופן יזום תאורה אדפטיבית ואת מנועי ההפעלה שלה ע"י חיבור סורק תקלות למחשב הרכב.



כריות אוויר.

במהלך הסיור ראינו רכב שבו התקבלה תקלה על כריות אוויר, לאחר בדיקה מקיפה התגלה כי התקינו ללקוח במקום אחר קבל בעל ערך התנגדות שווה לזו של כרית האוויר ובכך ביטלו בעצם את קוד התקלה. לאחר זמן מה הקבל נשרף.



התקלה חזרה והלקוח הגיע למרכז השירות. מכאן ניתן להבין כי הרכב עבר תאונה , נפתחה כרית אוויר וכדי שלא יצטרכו להתקין כרית אוויר חדשה, שמו קבל זה במקום .

בנוסף בעת שהייתנו במוסך נתקלנו ברכב שעבר תאונה. בעקבות התאונה נפתחו כריות אוויר ושמשה קדמית נסדקה . הרכב לא הורד מהכביש, ועכשיו כדי להחזיר אותו באופן תקין לנסיעה בטוחה יש לבצע מספר פעולות :

- תיקון כריות האוויר
- כיול המצלמה לאחר החלפת השמשה
- איפוס תקלות
- תקנה (סוג של טסט), על ידה מוודאים שהרכב כשיר ובטוח לחזרה לכביש



סוף הביקור ;) ;

פרק חישובים

מרחק הבלימה ובמרחק הבלימה הכולל :

מרחק הבלימה הוא מרחק שעובר הרכב מתחילת הבלימה עד לעצירתו המחולטת. מחשבים את מרחק הבלימה באמצעות המשוואה:

$$S_R = \frac{V^2}{2 * a}$$

S_R = הבלימה (העצירה), במטר (m)

V = מהירות הנסיעה בתחילת הבלימה, במטר לשניה (m/s)

a = תאוצת הרכבת במטר לשניה m/s^2

S = מרחק הבלימה (העצירה) כולל, במטר (m)

S_R = מרחק התגובה במטר (m)

אזהרה :

לפי חוק בין לאומי על הבלמים להבטיח שהאטת הבלימה על דרך קשה וחלקה תהיה לפחות

$6 m/s^2$.

שאלות חישוב בנושא בלימה:

שאלה 1:

נהג בולם מכונית הנוסעת במהירות 76 km/h . זמן התגובה הוא 0.75 s . תאוצת הבלימה היא

$$4.6 \text{ m/s}^2$$

- חשב את מרחק התגובה שהרכבת עובר עד התחלת הבלימה.
- חשב את מרחק הבלימה (בזמן שהבלמים מופעלים).
- מהו מרחק העצירה הכולל ?

הפתרון :

המרת המהירות ליחידות של (m/s) .

$$V = \frac{76}{3.6} = 21.111 \text{ (m/s)}$$

חישוב מרחק התגובה שהרכבת עובר עד התחלת הבלימה.

$$S_R = V * t_1 = 21.111 * 0.75 = 15.833 \text{ m}$$

חישוב מרחק הבלימה (בזמן שהבלמים מופעלים).

$$S_R = \frac{V^2}{2 * a} = \frac{21.111^2}{2 * 4.6} = 48.443 \text{ m}$$

חישוב מרחק העצירה הכולל.

$$S = S_R + S_B = 15.833 + 48.443 = 64.276 \text{ m}$$

זמן הבלימה :

זמן הבלימה הוא הזמן שעובר מתחילת הבלימה עד לעצירה מוחלטת של כלי הרכב.

לחישוב זמן הבלימה נשתמש במשוואה:

$$t = \frac{V}{a}$$

t = זמן הבלימה, בשניות (s)

V = מהירות הנסיעה בתחילת הבלימה, במטר לשניה (m/s)

a = תאוצת הרכבת במטר לשנייה (m/s²)

שאלה 2:

רכב נוסע במהירות של 170 קמ"ש, תאוצת הרכב הינה 5.2 m/s².

- חשב את זמן הבלימה, בשניות :

הפתרון :

המרת המהירות ליחידות של (m/s).

$$V = \frac{170}{3.6} = 47.22_{(m/s)}$$

חישוב את זמן הבלימה, בשניות.

$$t = \frac{V}{a} = \frac{47.22}{5.2} = 9.08s$$

עבודת הבלימה :

עבודת הבלימה שנעשתה ע"י מערכת הבלמים של רכב מתחילת הבלימה יד לעצירתו המוחלטת, מחשבים באמצעות המשוואה הבאה :

$$E_K = \frac{m * V^2}{2}$$

E_K = האנרגיה הקינטית, בג'אול (J)

V = מהירות הנסיעה בתחילת הבלימה, במטר לשנייה (m/s)

m = מסת הרכב (המשקל הכולל), בק"ג (kg)

שאלה 3 :

מכונית שמשקלה 1500 ק"ג נבלמת ממהירות 80 קמ"ש למהירות 0

- מהי עבודת הבלימה ?

הפתרון :

המרת המהירות ליחידות של (m/s).

$$V = \frac{80}{3.6} = 22.222_{(m/s)}$$

חישוב עבודת הבלימה.

$$E_K = \frac{m * V^2}{2} = \frac{1500 * 22.222^2}{2} = 370362.963 Nm$$

הספק הבלימה :

הספק של בלימת הרכב מתחילת הבלימה עד לעצירתו המוחלטת, מחשבים לפי המשוואה

הבאה :

$$P_B = \frac{m * a * V}{2000}$$

m = מסת הרכב (המשקל הכולל), בק"ג (kg)

a = תאוצת הרכבת במטר לשנייה m/s^2

V = מהירות הנסיעה בתחילת הבלימה, במטר לשניה (m/s)

שאלה 4 :

רכב שמשקלו הוא 2200 ק"ג נבלמת ממהירות של 140 קמ"ש ל 0 קמ"ש.

- מהו הספק הבלימה כשהתאוצה בזמן הבלימה היא $6 m/s^2$?

פתרון :

$$P_B = \frac{m * a * V}{2000} = \frac{2200 * 6 * (\frac{140}{3.6})}{2000} = 38.88 = 256.608KW$$

חישוב זמן התנגשות בעזרת מצלמה

אחד הנתונים החשובים ביותר, במערכות בטיחות אשר מונעות או מתריעות על התנגשות באובייקט כל שהוא, הוא הזמן להתנגשות ($TTC - time to contact$). ישנם מספר דרכים לחשב את הזמן להתנגשות, וחברות שונות עושות שימוש במספר רב של רכיבים על מנת לקבל מיידע מדויק ככל האפשר. פיתוח ישראלי של חברת MobilEye מבצע חישוב זה בעזרת מצלמה אחת בלבד. בשונה מחברות מתחרות אשר מבצעות שימוש במספר מצלמות וראדר או לידאר הצליחה MobilEye לפתח אלגוריתם ייחודי, אשר מקבל את הנתונים ממצלמה אחת, המותקנת על השמשה הקדמית.



באופן כללי הזמן להתנגשות מחושב על ידי הנוסחה:

$$T_m = \frac{Z}{V} \quad (1)$$

כאשר:

T_m = הוא הזמן להתנגשות. (בשניות)

Z = הוא המרחק מהאובייקט. (במטרים)

V = היא המהירות היחסית (ביחס לאובייקט). (במטר לשניה)

דוגמה:

רכב א' נוסע במהירות של $110 \left(\frac{km}{h}\right)$, לפניו במרחק של $10(m)$ נוסע רכב ב' במהירות זהה.

בשלב מסוים מאט הרכב שנמצא מלפנים למהירות של $90 \left(\frac{km}{h}\right)$. מה הוא זמן ההתנגשות

במידה ורכב ב' ממשיך לנוע באותה המהירות?

$$T_m = \frac{10}{\frac{110 - 90}{3.6}} = 1.8(s)$$

- לצורך ביצוע החישובים הגדיר את הזמן להתנגשות כמספר שלילי באופן הבא.

$$T_m = -\frac{Z}{V} \quad (2)$$



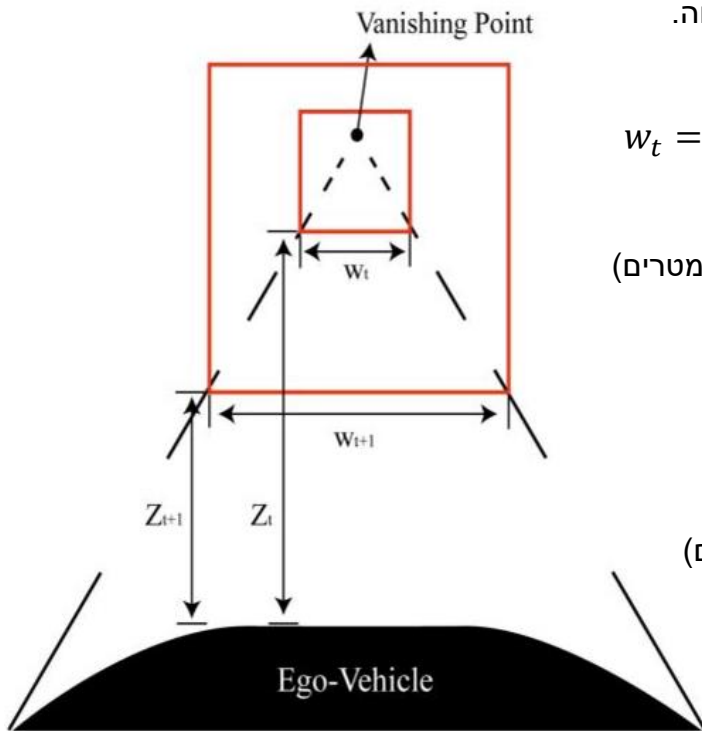
חישבו זה מוכר וידוע, אך כאשר מעוניינים להשתמש במצלמה לצורך חישוב זה צריך לקחת בחשבון מספר מגבלות.

1. מצלמה כמו העיין האנושית לא יכולה לעמוד מרחקים בצורה מדויקת ללא שימוש בעזרים.
2. מצלמה כמו עיין אנושים לא יכולה לעמוד מהירויות באופן מדויק ללא שימוש בעזרים.
3. מצלמות בעלי עדשות שונות יכולות להציג את המרחב בצורה שונה למרות שכולנו מנקודה זהה.

לכן יש צורך להתגבר על מגבלות אלה כדי להצליח לבצע את החישוב בנ"ל בעזרת מצלמה אחת.

ראשית יש להתייחס למרחק האובייקט מהמצלמה, זאת נעשה על ידי מדידת גודל האובייקט בכל פריים. תהליך המדידה מתאפשר על ידי סימון האובייקט בריבוע ומדידת רוחבו.





רוחב האובייקט בזמן מסויים מחושב על ידי הנוסחה.

$$w_t = \frac{f * w}{Z_t} \quad (3)$$

כאשר w_t הוא רוחב האובייקט בתמונה בזמן t . (במטרים)

f - אורך המוקד. (במטרים)

w - רוחב האובייקט במציאות. (במטרים)

Z_t - המרחק האמיתי מהאובייקט בזמן t . (במטרים)

דוגמה:

מצלמה המותקנת ברכב, בעלת אורך מוקד של $66_{(mm)}$. ממוקמת במרחק של 5 מטרים

ממרכב אחר בעל רוחב של $1.5_{(m)}$. מה יהיה רוחבו של הרכב המצולם בתמונה?

$$w_t = \frac{66}{1000} * \frac{1.5}{5} = 0.0198_{(m)} \rightarrow 19.8_{(mm)}$$

אנו מגדירים שינוי כיחס בין הרוחב האובייקט בתמונה בשני פריימים רצופים.

$$S = \frac{w_1}{w_0} = \frac{\frac{f * w}{Z_1}}{\frac{f * w}{Z_0}} = \frac{Z_0}{Z_1} \quad (4)$$

ניתן לראות שיש קשר ישיר בין המרחק הפיזי של הרכב מהאובייקט לבין רוחבו של

האובייקט בכל פריים.

את המרחק של הרכב מאובייקט ניתן לחשב בדרך נוספת:

$$Z_1 = Z_0 + V * \Delta t \quad (5)$$

כאשר z_1 הוא המרחק של הרכב מאובייקט המצולם בזמן t_1 . (במטרים)

z_0 - הוא המרחק של הרכב מאובייקט המצולם בזמן t_0 . (במטרים)

V - המהירות היחסית. (במטרים לשניה)

Δt - הזמן שחלף בין שני הפריימים. (בשניות)

שילוב בין משוואה (4) למשוואה (5) עם שינוי קל, יוצר את המשוואה הבאה.

$$S = \frac{Z_1 - V * \Delta t}{Z_1} \quad (6)$$

נבודד מתוך המשוואה את $\frac{Z_1}{V}$. ונקבל את המשוואה הבאה.

$$\frac{Z_1}{V} = \frac{\Delta t}{1 - S} \quad (7)$$

זכור הגדרנו את הזמן להתנגשות על ידי המשוואה (2).

$$T_m = -\frac{Z}{V}$$

אם נכפיל את שני אגפי המשוואה (7) ב-1. נקבל את המשוואה.

$$T_m = -\frac{Z_1}{V} = \frac{\Delta t}{S - 1} \quad (8)$$

מכאן ניתן לקבוע.

$$T_m = \frac{\Delta t}{S - 1} \quad (9)$$

נדגים את השימוש בנוסחה (9).

נתונה מצלמה הממוקמת בחזית הרכב. המצלמה סיפקה שתי תמונות בהפרש זמן של 3_s .

רוחב באובייקט בתמונה הראשונה הוא 12_{mm} ורוחב האובייקט בתמונה השנייה הוא 25_{mm} .

חשב את הזמן להתנגשות (TTC).

$$T_m = \frac{\Delta t}{S - 1} \rightarrow \frac{3}{\frac{25}{12} - 1} = 2.76_s$$

סיכום

לסיכום, נושא הבטיחות ברכב חשוב ביותר כיוון שהוא טומן בתוכו הצלת חיי אדם, שמירה מפני נזקים רכושניים, מניעת תאונות, נסיעה בטוחה וכו'. וכגודל חשיבותה של הבטיחות ברכב כך גודל ההתעסקות, הפיתוחים, ותשומת הלב שמופנית כלפיה. כיום, לפני שרכב עולה על הכביש נושא הבטיחות הוא הדבר המוקדד והחמור ביותר.

אלון – לי באופן אישי הייתה חוויה לימודית מהנה, כיף לראות איך הפרויקט נבנה שלב אחר שלב, זה מתחיל בדבר קטן שהוא בחירת הנושא לכתיבת הפרויקט ומסתיים בעבודת מחקר מלאה בתכנים לימודיים מקצועיים ורלוונטיים, מערכות בטיחות חדשות ומודרניות, ביקור במרכז שירות וכו'. אני ונחמן חברי לפרויקט, חילקנו בינינו את המטלות הדרושות לכתיבת הפרויקט, ושיתפנו בינינו על כל מיני מערכות בטיחות שונות ודברים מעניינים. הקשיים שנתקלתי בהם היו בחיפוש חומרים מהימנים, רלוונטיים וחדישים לכתיבת הפרויקט בכדי שיהיה ברמה הגבוהה ביותר. תוך כדי תהליך ביצוע הפרויקט למדתי הרבה דברים חדשים לדוג: מערכת הבטיחות שמזהה רמת אלוהול בדם, למדתי כיצד פועלת מערכת מובילאיי וכו'. תודה לרון דהן המורה שעזר לנו וכיוון אותנו בתהליך כתיבת הפרויקט, תמיד הציב לנו את הרף הגבוה ביותר ובזכותו הפרויקט ברמה הגבוהה ביותר.

נחמן – קודם כל אני חושב שלבנות פרויקט כזה זה דבר מאוד מעצים, משהו שבונה סוג של עצמאות, לאסוף מידע מכל מיני מקומות זה מאוד מעצים מבחינתי. תהליך בניית הפרויקט חנה אצלי בהרבה דברים לשבת בבית לבד ולאסוף מידע מכל מיני אתרים בכל מיני שפות שונות, להגיע עד לפרט הכי קטן ולשחק עם מילים שונות כדי למצוא באמת את הפרט הכי טוב לפרויקט, אני מודה זה לא היה קל, אך עם הדרכה מעולה של המורה, + ניסיון במרכז שירות שאני חושב שתרגם לי ולפרויקט הרבה מעבר למה שהוא היה צריך להיות. אני

בטוח שלמדתי עוד כמה דברים חשובים על נושא הבטיחות ואין לי ספק שאשתמש במידע שאספתי בעתיד ואפילו אציג אותו בכל מיני מקומות, נושא הבטיחות הוא בסופו של המודל הכי חשוב בעולם הרכב , אם בכלל בכל נושא אחר קודם כל הבטיחות . ואני מקווה שבאמת נצליח לעלות על הגל ולהגיע ל 100% בטיחות כדי שנוכל להיות בטוחים יותר עם נסיעה טובה יותר תודה רבה כמובן לרון דהן המרצה האלוף שהדריך אותנו מהתחלה ועד הסוף.

בבילוגרפיה

תורת הרכב להנדסאים, אלכסנדר בוגטיקוב, 2019.

<https://www.israelhayom.co.il/article/566227>

https://www.colmobil.co.il/definition/active_and_passive_safety/

<https://xnet.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4978549,00.html>

<https://www.hyundaimotors.co.il/models/santafe/>

www.itscenter.biz > מערכות-מתערבות-בנהיגה

<http://www.hinet.co.il/MagazineArticles/Article.asp?CategoryID=13106&ArticleID=5125>

<https://photoschool.co.il/photography-tips/everything-you-need-to-know-about-lenses/>

<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A2%D7%93%D7%A9%D7%94>

<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%9B%22%D7%9D>

<https://driverless.science/>

<https://www.extremetech.com/electronics/262068-lidar-gold-rush-help-car-see-better>

<https://www.allaboutcircuits.com/news/solid-state-LiDAR-is-coming-to->

[/an-autonomous-vehicle-near-you](#)

<https://he.wikipedia.org/wiki/GPS>

[/http://israelnow.co.il](http://israelnow.co.il)

<https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4916570,00.html>

<https://blog.twwhiteandsons.co.uk/car-reviews/suzuki/brake-support-suzuki/>

<https://theindianrishiblog.wordpress.com/2018/09/04/seat-belt-mechanism-a-gift-by-volvo/>

<https://www.treehugger.com/cars/teslas-sold-europe-have-active-hood-protect-pedestrians-american-pedestrians-look-both-ways.html>

<https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/two-wheeler-and-powersports/riding-safety-systems/motorcycle-stability-control/>

<https://roadsafety.transport.nsw.gov.au/downloads/safety-technologies-heavy-vehicles.pdf>

<https://www.hyundai.com/worldwide/en/company/innovation/technology/smart-tech>

Forward Collision Warning with a Single Camera. (2004). Erez Dagan, Ofer Mano, Gideon P. Stein, Amnon Shashua.