

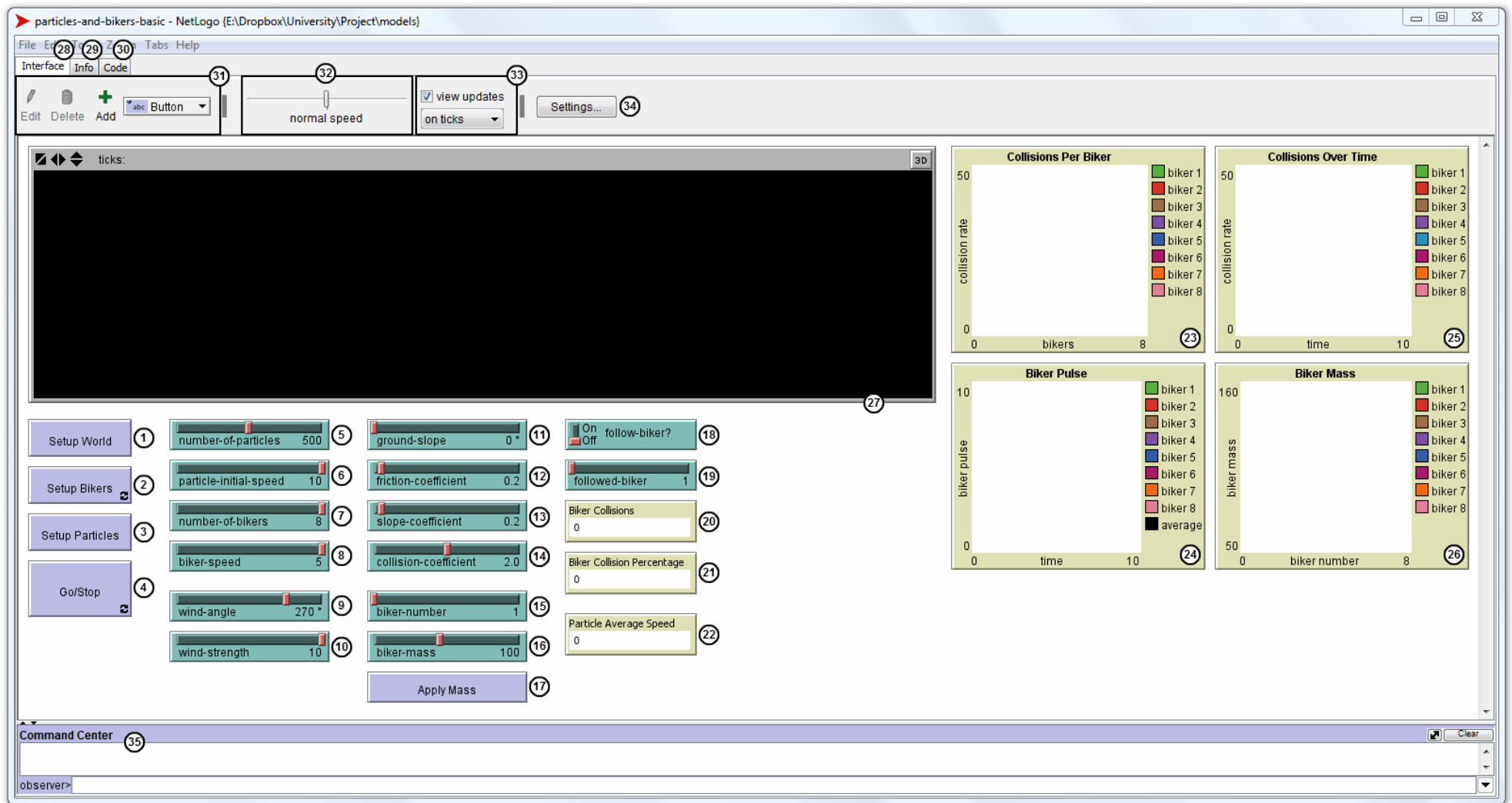
אוניברסיטת חיפה
החוג למדעי המחשב
קורס פרויקטים

הדמיות עבור ספורטאי טריאתלון למידה על עיקרון הדבוקה

מדריך למשתמש

אריאל אסף
ליטל זר

מודל חלקיקים ורוכבים בסיסי



#	שם האלמנט	תיאור
1	Setup World	מאתחל את העולם ויוצר מסלול ריק בעולם.
2	Setup Bikers	יוצר רוכבים בעולם לפי המחוון number-of-bikers (7), ומאפשר הזזה של רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה (27).
3	Setup Particles	מוסיף חלקיקי אוויר לעולם לפי המחוון number-of-particles (5).
4	Go/Stop	מתחיל ומפסיק את הרצת המודל.
5	number-of-particles	מספר החלקיקים הנוספים למודל על ידי Setup Particles (3). טווח ערכים: [10, 1000] (ברירת מחדל: 500)
6	particle-initial-speed	מהירות החלקיקים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 10] (ברירת מחדל: 10)
7	number-of-bikers	מספר הרוכבים הנוצרים במודל על ידי Setup Bikers (2). טווח ערכים: [1, 8] (ברירת מחדל: 8)
8	biker-speed	מהירות הרוכבים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 5] (ברירת מחדל: 5)
9	wind-angle	כיוון הרוח אליו נמשכים החלקיקים. טווח ערכים: [0, 359] (ברירת מחדל: 270)
10	wind-strength	עוצמת הרוח הקובעת את עוצמת המשיכה של החלקיקים לכיוון הרוח. טווח ערכים: [0, 10] (ברירת מחדל: 10)
11	ground-slope	שיפוע המסלול המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 89] (ברירת מחדל: 0)
12	friction-coefficient	חיכוך המסלול (מקדם החיכוך) המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
13	slop-coefficient	מקדם השיפוע המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
14	collision-coefficient	מקדם ההתנגשות המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 4] (ברירת מחדל: 2)
15	biker-number	מספר הרוכב עבורו קובעים את ערך תכונת המסה ביחד עם המחוון biker-mass (16) והכפתור Apply Mass (17). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
16	biker-mass	ערך המסה אותו קובעים לרוכב ביחד עם המחוון biker-number (15) והכפתור Apply Mass (16). טווח ערכים: [50, 160] (ברירת מחדל: 100)
17	Apply Mass	קובע את תכונת המסה של הרוכב המצויין במחוון biker-number (15) לערך המצויין במחוון biker-mass (16).

#	שם האלמנט	תיאור
18	follow-biker?	קובע האם לעקוב אחר רוכב פרטני לפי המחוון followed-biker (19). ערכים: [on, off] (ברירת מחדל: off)
19	followed-biker	מספר הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
20	Biker Collisions	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את מספר התנגשויות בחלקיקים של הרוכב.
21	Biker Collision Percentage	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את אחוז ההתנגשויות בחלקיקים של הרוכב מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים.
22	Particle Average Speed	מציג את המהירות הממוצעת של החלקיקים.
23	Collisions Per Biker	מציג גרף היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון.
24	Biker Pulse	מציג גרף של הדופק של כל רוכב לאורך הזמן.
25	Collisions Over Time	מציג גרף של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון לאורך הזמן.
26	Biker Mass	מציג גרף היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
27	חלון תצוגה	חלון התצוגה הראשי של המודל המציג את העולם.
28	Interface	לשונית הממשק בה מבצעים אינטראקציה עם המודל.
29	Info	לשוניות מידע בה ניתן רקע והסברים על המודל.
30	Code	לשונית קוד בה נכתב הקוד של המודל.
31	כלים לבניית ממשק	(לשימוש המתכנת) כלים לבניית אלמנטים של ממשק במודל (כפתורים, מחוונים, צגים וכו').
32	מהירות המודל	שליטה על מהירות ריצת המודל.
33	View Updates	(לשימוש המתכנת) שליטה על אופן עדכון התצוגה של המודל.
34	Settings	(לשימוש המתכנת) הגדרות עבור העולם וחלון התצוגה (27) של המודל.
35	Command Center	(לשימוש המתכנת) חלון פקודות הפועלות על המודל.

אופן השימוש במודל

הפעלת המודל

1. הורד את התוכנה NetLogo 5.0 מהקישור הבא: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
2. באמצעות התוכנה NetLogo 5.0 פתח את הקובץ: particles-and-bikers-basic.nlogo
3. הלשונית Interface מציגה את המודל ובה מתבצע השימוש במודל
4. הלשונית Info מציגה מידע נוסף על המודל ועל אופן השימוש במודל
5. הלשונית Code מציגה את הפרוצדורות השונות של המודל (לשימוש המתכנת)

אתחול העולם

כדי להשתמש במודל יש ראשית לבצע אתחול של העולם ליצירת מסלול בו קיימים רוכבים וחלקיקים.

1. לחץ על Setup World (1) כדי לאתחל את העולם עם מסלול ללא רוכבים וחלקיקים. (ראה תמונה 1.1)
2. לחץ על Setup Bikers (2) כדי ליצור רוכבים ולמקם אותם על המסלול. (ראה תמונות 1.2 ו- 1.2.1)
 - 2.1. המחוון number-of-bikers (7) קובע את מספר הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.2. המחוון biker-speed (8) קובע את מהירות הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.3. לחיצה ראשונה מפעילה את הכפתור ומאפשרת הזזה של רוכבים. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 2.4. ניתן להזיז רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה.
 - 2.5. לאחר הזזת הרוכבים, לחיצה שנייה מפסיקה את פעולת הכפתור.
3. לחץ על Setup Particles (3) כדי להוסיף חלקיקים לעולם. (ראה תמונה 1.3)
 - 3.1. המחוון number-of-particles (5) קובע את מספר החלקיקים הנוספים לעולם.
 - 3.2. המחוון particle-initial-speed (6) קובע את המהירות ההתחלתית של החלקיקים הנוספים לעולם.
4. לחץ על Go/Stop (4) כדי להריץ או לעצור את המודל.
 - 4.1. לחיצה ראשונה מתחילה/ממשיכה את הרצת המודל. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 4.2. לחיצה שנייה עוצרת את הרצת המודל.

לאחר אתחול העולם ניתן לבצע פעולות נוספות המשפיעות על התנהגות המודל:

1. הזזת רוכבים בעולם על ידי הפעלת Setup Bikers (2).
2. קביעת מסה עבור כל רוכב.
3. קביעת משתני השפעת הרוח על חלקיקי האוויר במודל.
4. קביעת משתנים סביבתיים המשפיעים על אופן חישוב דופק הרוכבים.
5. מעקב אחר רוכב פרטני.

קביעת מסה של רוכב

לאחר יצירת הרוכבים בעולם ניתן לקבוע את ערך תכונת המסה של כל רוכב. ערך תכונת המסה של רוכב משפיעה על חישוב הדופק של הרוכב בזמן ריצת המודל.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה biker-number (15).
2. בחר את ערך המסה הרצוי באמצעות המחווה biker-mass (16).
3. לחץ על Apply Mass (17) כדי לקבוע את תכונת המסה של הרוכב הנבחר לערך הנבחר.
4. הצג Biker Mass (26) מציג את ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.

קביעת השפעת הרוח

כיוון הרוח ועוצמת הרוח משפיעים בהתאמה על הכיוון אליו נמשכים חלקיקי האוויר ועל עוצמת המשיכה של החלקיקים אל הכיוון הנתון. השפעת הרוח באה לידי ביטוי בתנועת החלקיקים בזמן ריצת המודל.

1. קבע את זווית הרוח באמצעות המחווה wing-angle (9).
2. קבע את עוצמת הרוח באמצעות המחווה wind-strength (10).

קביעת משתנים סביבתיים ואופן חישוב דופק הרוכבים

שיפוע המסלול ורמת החיכוך של המסלול הם גורמים סביבתיים המשפיעים על חישוב הדופק של כל הרוכבים. מקדם השיפוע ומקדם החיכוך במודל קובעים את מידת השפעה של שיפוע הקרקע ושל קצב ההתגשויות של רוכב בחלקיקי אוויר על חישוב הדופק של הרוכבים.

1. קבע את שיפוע המסלול באמצעות המחווה ground-slope (11).
2. קבע את רמת החיכוך של המסלול (מקדם החיכוך) באמצעות המחווה friction-coefficient (12).
3. קבע את מקדם השיפוע של חישוב הדופק באמצעות המחווה slope-coefficient (13).
4. קבע את מקדם ההתנגשות של חישוב הדופק באמצעות המחווה collision-coefficient (14).

מעקב אחר רוכב פרטני

בזמן ריצת המודל ניתן לעקוב אחר רוכב פרטני. מעקב אחר רוכב פרטני מציג מידע נוסף על הרוכב.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה followed-biker (19).
2. העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב on.
3. כדי להפסיק לעקוב אחר הרוכב, העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב off.

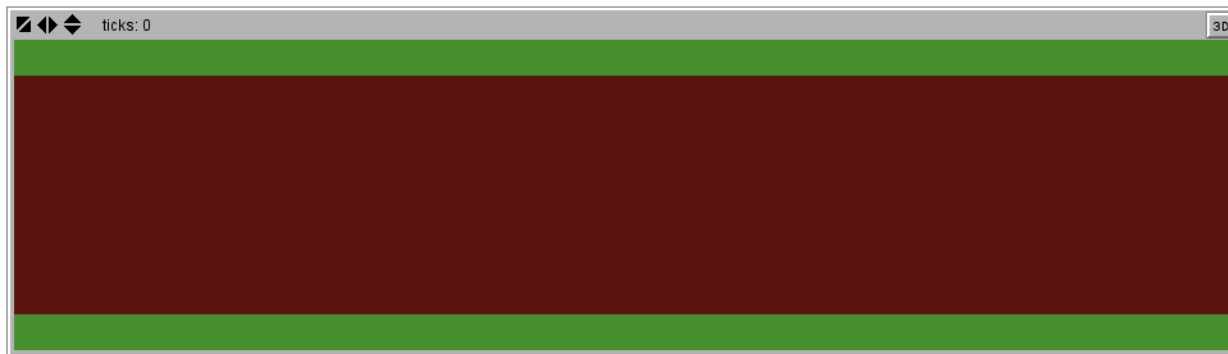
המידע המתקבל עבור הרוכב הנעקב:

1. הרוכב מודגש בחלון התצוגה של המודל.
2. מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מופיע בצג Biker Collisions (20).
3. אחוז מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים בחלקיקים מופיע בצג Biker Collision Percentage (21).

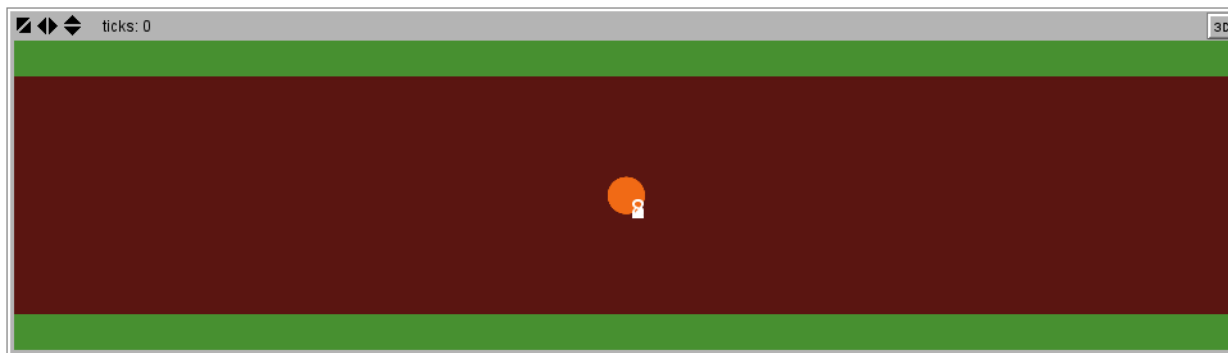
פלט

המודל מספק מידע על הרוכבים והחלקיקים המתעדכן כל פרק זמן קבוע בזמן הרצת המודל.

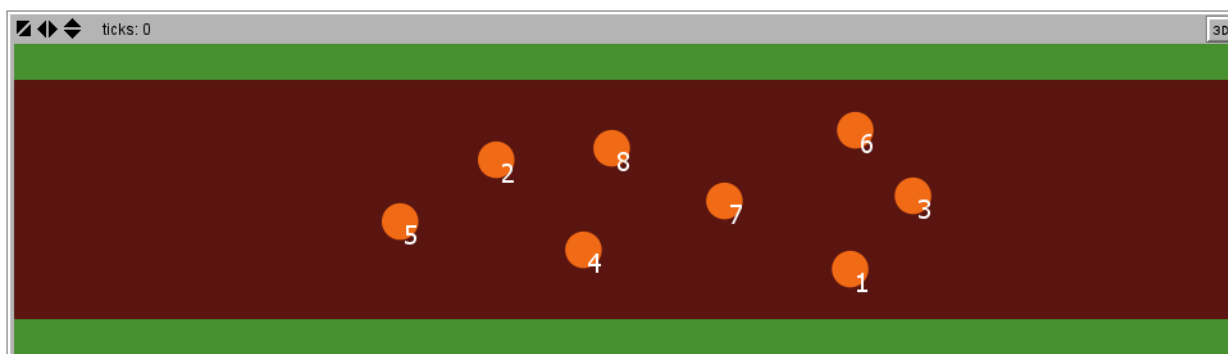
1. Collisions Per Biker (23): היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב.
2. Collisions Over Time (25): גרף של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב לאורך זמן.
3. Biker Pulse (24): גרף של דופק כל רוכב לאורך זמן.
4. Biker Mass (26): היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
5. Particle Average Speed (22): המהירות הממוצעת הנוכחית של חלקיקי האוויר.



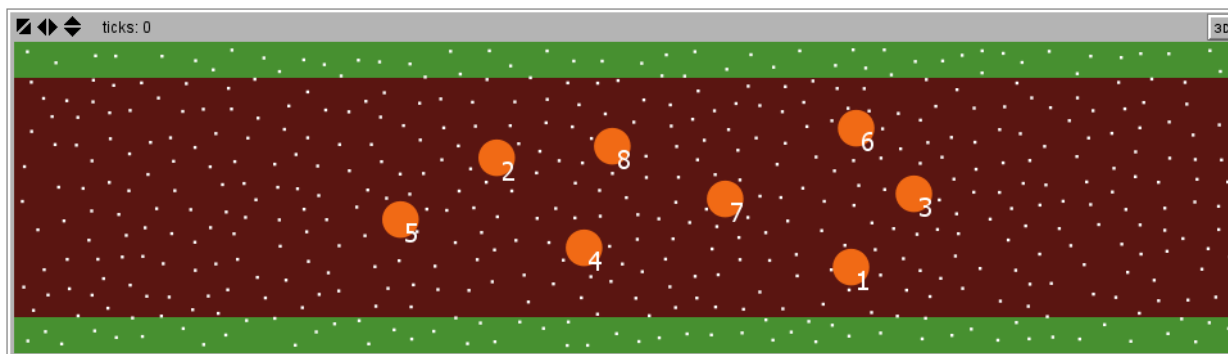
תמונה 1.1. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup World. נוצר מסלול ריק ללא חלקיקים ורוכבים.



תמונה 1.2. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Bikers. נוצרו רוכבים בעולם באותו המקום.



תמונה 1.2.1. מצב העולם לאחר הזזת הרוכבים באמצעות Setup Bikers.



תמונה 1.3. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Particles. נוצרו חלקיקים בעולם במקומות אקראיים.

מודל חלקיקים ורוכבים עם תנועה פנימית

#	שם האלמנט	תיאור
1	Setup World	מאתחל את העולם ויוצר מסלול ריק בעולם.
2	Setup Bikers	יוצר רוכבים בעולם לפי המחווון number-of-bikers (7), ומאפשר הזזה של רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה (27). במקרה של התנגשות בין רוכבים, מאתחל את התנועה הפנימית של הרוכבים ומוחק סימוני התנגשויות מהעולם.
3	Setup Particles	מוסיף חלקיקי אוויר לעולם לפי המחווון number-of-particles (5).
4	Go/Stop	מתחיל ומפסיק את הרצת המודל.
5	number-of-particles	מספר החלקיקים הנוספים למודל על ידי Setup Particles (3). טווח ערכים: [10, 1000] (ברירת מחדל: 500)
6	particle-initial-speed	מהירות החלקיקים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 10] (ברירת מחדל: 10)
7	number-of-bikers	מספר הרוכבים הנוצרים במודל על ידי Setup Bikers (2). טווח ערכים: [1, 8] (ברירת מחדל: 8)
8	biker-speed	מהירות הרוכבים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 5] (ברירת מחדל: 5)
9	wind-angle	כיוון הרוח אליו נמשכים החלקיקים. טווח ערכים: [0, 359] (ברירת מחדל: 270)
10	wind-strength	עוצמת הרוח הקובעת את עוצמת המשיכה של החלקיקים לכיוון הרוח. טווח ערכים: [0, 10] (ברירת מחדל: 10)
11	ground-slope	שיפוע המסלול המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 89] (ברירת מחדל: 0)
12	friction-coefficient	חיכוך המסלול (מקדם החיכוך) המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
13	slop-coefficient	מקדם השיפוע המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
14	collision-coefficient	מקדם ההתנגשות המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 4] (ברירת מחדל: 2)
15	biker-number	מספר הרוכב עבורו קובעים את ערך תכונת המסה ביחד עם המחווון biker-mass (16) והכפתור Apply Mass (16). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
16	biker-mass	ערך המסה אותו קובעים לרוכב ביחד עם המחווון biker-number (15) והכפתור Apply Mass (16). טווח ערכים: [50, 160] (ברירת מחדל: 100)

#	שם האלמנט	תיאור
17	Apply Mass	קובע את תכונת המסה של הרוכב המצויין במחווך biker-number (15) לערך המצויין במחווך biker-mass (16).
18	follow-biker?	קובע האם לעקוב אחר רוכב פרטני לפי המחווך followed-biker (19). ערכים: [on, off] (ברירת מחדל: off)
19	followed-biker	מספר הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
20	Biker Collisions	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את מספר התנגשויות בחלקיקים של הרוכב.
21	Biker Collision Percentage	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את אחוז ההתנגשויות בחלקיקים של הרוכב מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים.
22	Particle Average Speed	מציג את המהירות הממוצעת של החלקיקים.
23	movement-interval	פרק הזמן העובר בין כל ביצוע של תנועה פנימית עבור כל המערכים. טווח ערכים: [0, 20] (ברירת מחדל: 10)
24	Select Rotating Bikers	מאפשר בחירה של רוכבים למערך רוטציה.
25	Select Arrowhead Bikers	מאפשר בחירה של רוכבים למערך ראש חץ.
26	Select Line 1 Bikers	מאפשר בחירה של רוכבים למערך טור ראשון.
27	Select Line 2 Bikers	מאפשר בחירה של רוכבים למערך טור שני.
28	Reset Movement	מאתחל את התנועה הפנימית של כל הרוכבים לתנועה רגילה.
29	Collisions Per Biker	מציג גרף היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון.
30	Biker Pulse	מציג גרף של הדופק של כל רוכב לאורך הזמן.
31	Collisions Over Time	מציג גרף של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון לאורך הזמן.
32	Biker Mass	מציג גרף היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
33	חלון התצוגה	חלון התצוגה הראשי של המודל.
34	Interface	לשונית הממשק בה מבצעים אינטראקציה עם המודל.
35	Info	לשוניות מידע בה ניתן רקע והסברים על המודל.
36	Code	לשונית קוד בה נכתב הקוד של המודל.

#	שם האלמנט	תיאור
37	כלים לבניית ממשק	(לשימוש המתכנת) כלים לבניית אלמנטים של ממשק במודל (כפתורים, מחוונים, צגים וכו').
38	מהירות המודל	שליטה על מהירות ריצת המודל.
39	View Updates	(לשימוש המתכנת) שליטה על אופן עדכון התצוגה של המודל.
40	Settings	(לשימוש המתכנת) הגדרות עבור העולם וחלון התצוגה (27) של המודל.
41	Command Center	(לשימוש המתכנת) חלון פקודות הפועלות על המודל.

אופן השימוש במודל

הפעלת המודל

1. הורד את התוכנה NetLogo 5.0 מהקישור הבא: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
2. באמצעות התוכנה NetLogo 5.0 פתח את הקובץ: particles-and-bikers-basic.nlogo
3. הלשונית Interface מציגה את המודל ובה מתבצע השימוש במודל
4. הלשונית Info מציגה מידע נוסף על המודל ועל אופן השימוש במודל
5. הלשונית Code מציגה את הפרוצדורות השונות של המודל (לשימוש המתכנת)

אתחול העולם

כדי להשתמש במודל יש ראשית לבצע אתחול של העולם ליצירת מסלול בו קיימים רוכבים וחלקיקים.

1. לחץ על Setup World (1) כדי לאתחל את העולם עם מסלול ללא רוכבים וחלקיקים. (ראה תמונה 1.1)
2. לחץ על Setup Bikers (2) כדי ליצור רוכבים ולמקם אותם על המסלול. (ראה תמונות 1.2 ו- 1.2.1)
 - 2.1. המחוון number-of-bikers (7) קובע את מספר הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.2. המחוון biker-speed (8) קובע את מהירות הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.3. לחיצה ראשונה מפעילה את הכפתור ומאפשרת הזזה של רוכבים. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 2.4. ניתן להזיז רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה.
 - 2.5. לאחר הזזת הרוכבים, לחיצה שנייה מפסיקה את פעולת הכפתור.
3. לחץ על Setup Particles (3) כדי להוסיף חלקיקים לעולם. (ראה תמונה 1.3)
 - 3.1. המחוון number-of-particles (5) קובע את מספר החלקיקים הנוספים לעולם.
 - 3.2. המחוון particle-initial-speed (6) קובע את המהירות ההתחלתית של החלקיקים הנוספים לעולם.
4. לחץ על Go/Stop (4) כדי להריץ או לעצור את המודל.
 - 4.1. לחיצה ראשונה מתחילה/ממשיכה את הרצת המודל. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 4.2. לחיצה שנייה עוצרת את הרצת המודל.

לאחר אתחול העולם ניתן לבצע פעולות נוספות המשפיעות על התנהגות המודל:

1. הזזת רוכבים בעולם על ידי הפעלת Setup Bikers (2).
2. קביעת מסה עבור כל רוכב.
3. קביעת משתני השפעת הרוח על חלקיקי האוויר במודל.
4. קביעת משתנים סביבתיים המשפיעים על אופן חישוב דופק הרוכבים.
5. מעקב אחר רוכב פרטני.
6. קביעת מערכים של תנועה פנימית עבור הרוכבים.

קביעת מסה של רוכב

לאחר יצירת הרוכבים בעולם ניתן לקבוע את ערך תכונת המסה של כל רוכב. ערך תכונת המסה של רוכב משפיעה על חישוב הדופק של הרוכב בזמן ריצת המודל.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה biker-number (15).
2. בחר את ערך המסה הרצוי באמצעות המחווה biker-mass (16).
3. לחץ על Apply Mass (17) כדי לקבוע את תכונת המסה של הרוכב הנבחר לערך הנבחר.
4. הצג Biker Mass (26) מציג את ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.

קביעת השפעת הרוח

כיוון הרוח ועוצמת הרוח משפיעים בהתאמה על הכיוון אליו נמשכים חלקיקי האוויר ועל עוצמת המשיכה של החלקיקים אל הכיוון הנתון. השפעת הרוח באה לידי ביטוי בתנועת החלקיקים בזמן ריצת המודל.

1. קבע את זווית הרוח באמצעות המחווה wing-angle (9).
2. קבע את עוצמת הרוח באמצעות המחווה wind-strength (10).

קביעת משתנים סביבתיים ואופן חישוב דופק הרוכבים

שיפוע המסלול ורמת החיכוך של המסלול הם גורמים סביבתיים המשפיעים על חישוב הדופק של כל הרוכבים. מקדם השיפוע ומקדם החיכוך במודל קובעים את מידת השפעה של שיפוע הקרקע ושל קצב ההתגשויות של רוכב בחלקיקי אוויר על חישוב הדופק של הרוכבים.

1. קבע את שיפוע המסלול באמצעות המחווה ground-slope (11).
2. קבע את רמת החיכוך של המסלול (מקדם החיכוך) באמצעות המחווה friction-coefficient (12).
3. קבע את מקדם השיפוע של חישוב הדופק באמצעות המחווה slope-coefficient (13).
4. קבע את מקדם ההתנגשות של חישוב הדופק באמצעות המחווה collision-coefficient (14).

מעקב אחר רוכב פרטני

בזמן ריצת המודל ניתן לעקוב אחר רוכב פרטני. מעקב אחר רוכב פרטני מציג מידע נוסף על הרוכב.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה followed-biker (19).
2. העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב on.
3. כדי להפסיק לעקוב אחר הרוכב, העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב off.

המידע המתקבל עבור הרוכב הנעקב:

1. הרוכב מודגש בחלון התצוגה של המודל.
2. מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מופיע בצג Biker Collisions (20).
3. אחוז מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים בחלקיקים מופיע בצג Biker Collision Percentage (21).

פלט

המודל מספק מידע על הרוכבים והחלקיקים המתעדכן כל פרק זמן קבוע בזמן הרצת המודל.

1. Collisions Per Biker (23): היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב.
2. Collisions Over Time (25): גרף של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב לאורך זמן.
3. Biker Pulse (24): גרף של דופק כל רוכב לאורך זמן.
4. Biker Mass (26): היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
5. Particle Average Speed (22): המהירות הממוצעת הנוכחית של חלקיקי האוויר.

תנועה פנימית של רוכבים

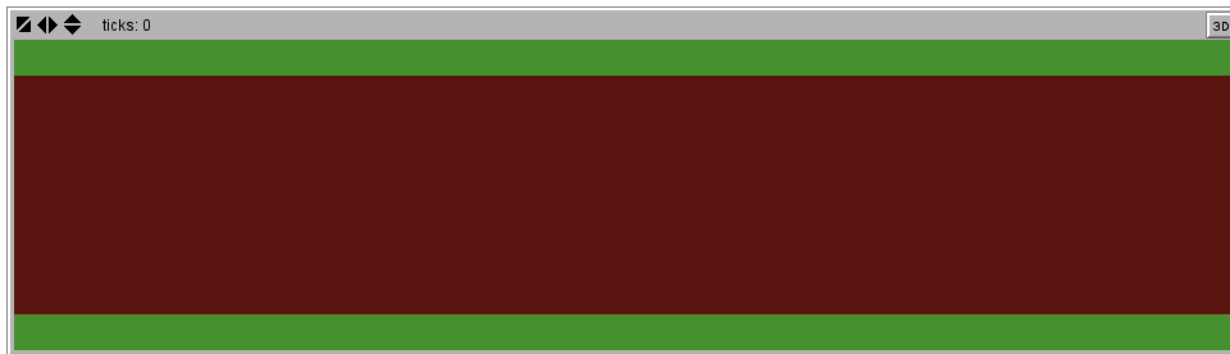
לאחר יצירת הרוכבים ניתן לקבוע לכל רוכב מערך של תנועה פנימית אליו הוא שייך.

המודל תומך בשלושה סוגי מערכים של תנועה פנימית:

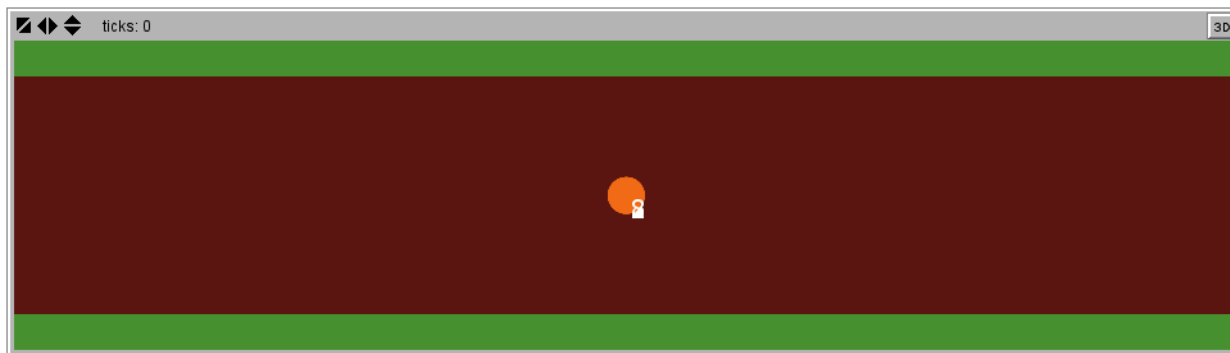
1. **רוטציה:** הרוכבים מסודרים באופן כלשהוא על ידי המשתמש ומתחלפים במיקומם במערך בסדר מעגלי לפי סדר בחירתם אל המערך. רוכבים במערך נצבעים בצבע כחול מבהיר לכהה. ראה תמונה 1.4.
2. **ראש חץ:** הרוכבים מסודרים בצורה הדומה לראש חץ באופן בו רוכב אחד נמצא בקצה של המערך, ושאר הרוכבים מסודרים מאחוריו בהתאם. כל פרק זמן, מתחלף הרוכב הנמצא בקצה של המערך, ושאר הרוכבים מסתדרים אחריו בהתאם. רוכבים במערך נצבעים בצבע סגול. ראה תמונה 1.5.
3. **טורים:** הרוכבים מסודרים בטור אחד אחרי השני לפי סדר בחירתם אל המערך. כל פרק זמן, הרוכב שנמצא בראש הטור עובר לזנב הטור, ושאר הרוכבים מתקדמים אל מיקום הרוכב שלפניהם במערך. ישנם שני מערכי טורים אפשריים אליהם רוכבים יכולים להצטרף. רוכבים במערך הטור הראשון או הטור השני נצבעים בצבע תכלת בהיר או כהה בהתאמה. ראה תמונות 1.6 ו- 1.7.

כדי לבחור רוכבים למערך של תנועה פנימית:

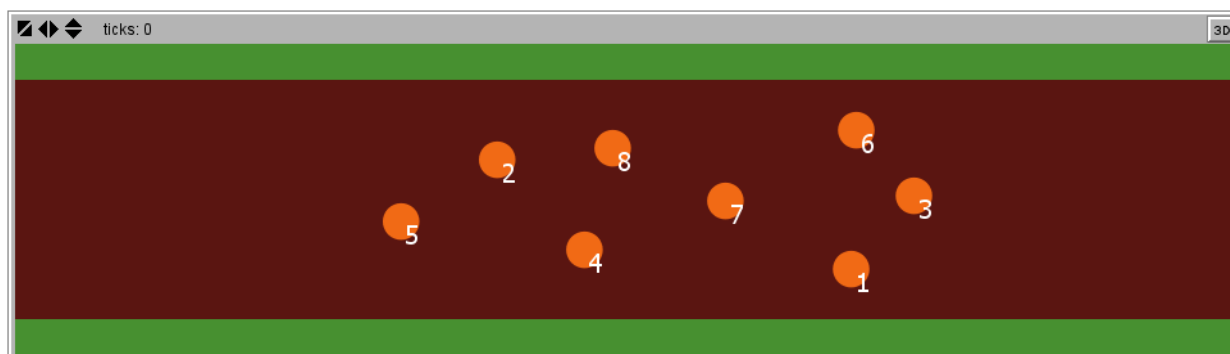
1. הפעל את הכפתור המתאים למערך אליו יבחרו הרוכבים.
 - 1.1. Select Rotating Bikers (24) מאפשר בחירה של רוכבים למערך הרוטציה.
 - 1.2. Select Arrowhead Bikers (25) מאפשר בחירה של רוכבים למערך ראש החץ.
 - 1.3. Select Line 1 Bikers (26) מאפשר בחירה של רוכבים למערך הטור הראשון.
 - 1.4. Select Line 2 Bikers (27) מאפשר בחירה של רוכבים למערך הטור השני.
 2. כאשר אחד הכפתורים פעיל, ניתן לבחור רוכבים למערך המתאים באמצעות לחיצה על רוכבים בחלון התצוגה עם העכבר. וודא כי רק כפתור בחירה אחד פעיל בכל רגע נתון. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 3. לאחר בחירת הרוכבים למערך, הפסק את פעולת הבחירה באמצעות לחיצה שנייה על הכפתור.
- המחווון movement-interval (23) שולט בפרק הזמן העובר כל ביצוע של תנועה פנימית עבור כל המערכים.
- כדי לאתחל את התנועה הפנימית של כל הרוכבים לתנועה רגילה, לחץ על Reset Movement (28).
- במקרה של התנגשות בין רוכבים בזמן תנועתם, המודל נעצר וההתנגשות מסומנת ב-X בחלון התצוגה. לחיצה על Reset Movement (28) או על Setup Bikers (2) תגרום לאתחול התנועה הפנימית של הרוכבים ולהסרת סימון ההתנגשות מהעולם.



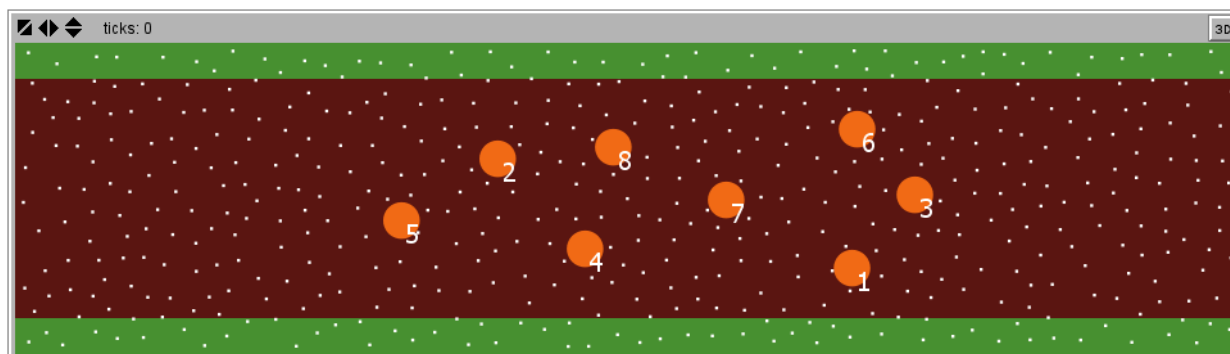
תמונה 1.1. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup World. נוצר מסלול ריק ללא חלקיקים ורוכבים.



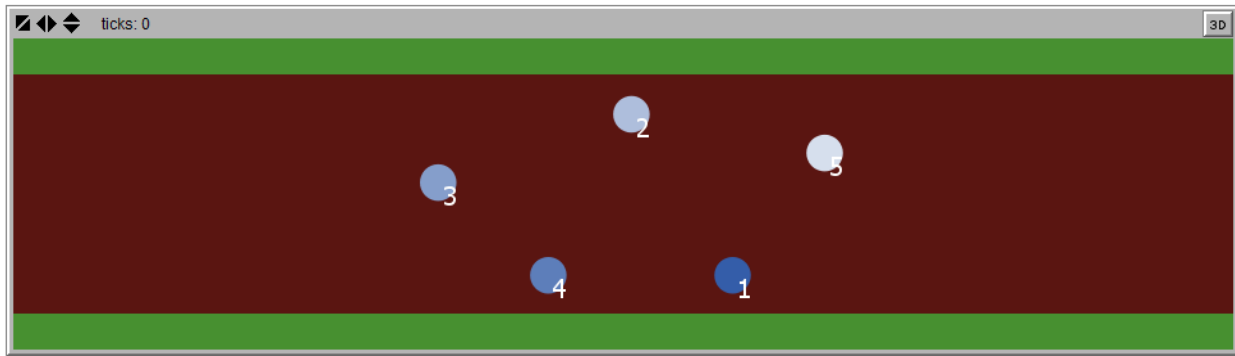
תמונה 1.2. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Bikers. נוצרו רוכבים בעולם באותו המקום.



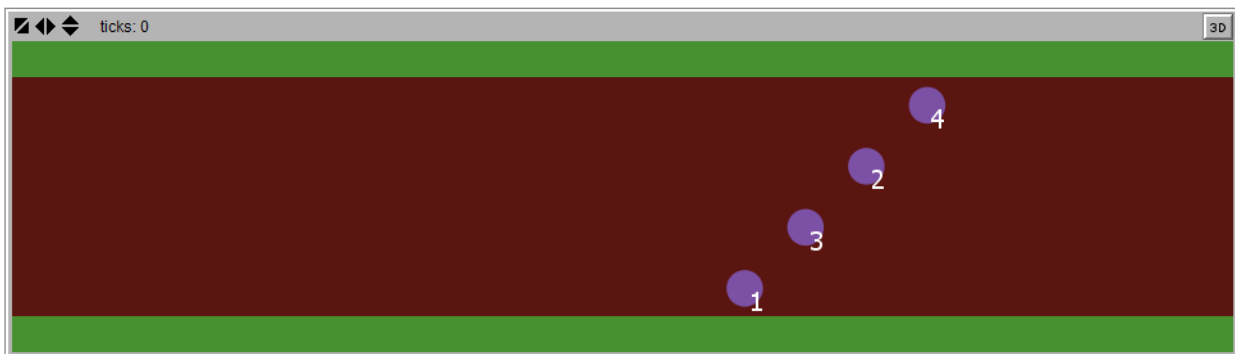
תמונה 1.2.1. מצב העולם לאחר הזזת הרוכבים באמצעות Setup Bikers.



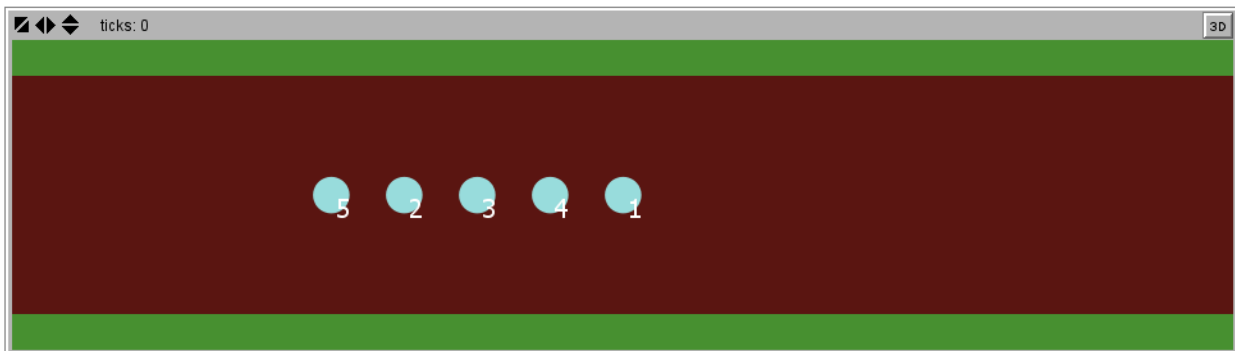
תמונה 1.3. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Particles. נוצרו חלקיקים בעולם במקומות אקראיים.



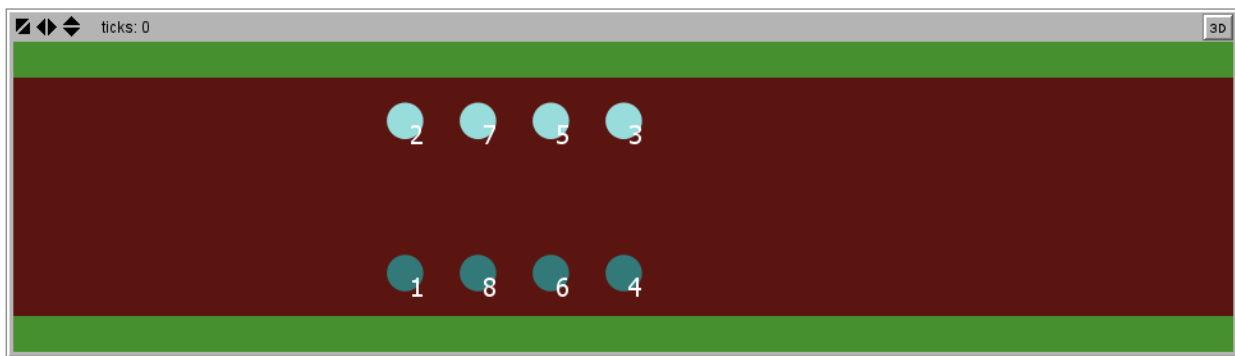
תמונה 1.4. דוגמא לרוכבים המסודרים במערך רוטציה.



תמונה 1.5. דוגמא לרוכבים המסודרים במערך ראש חץ.

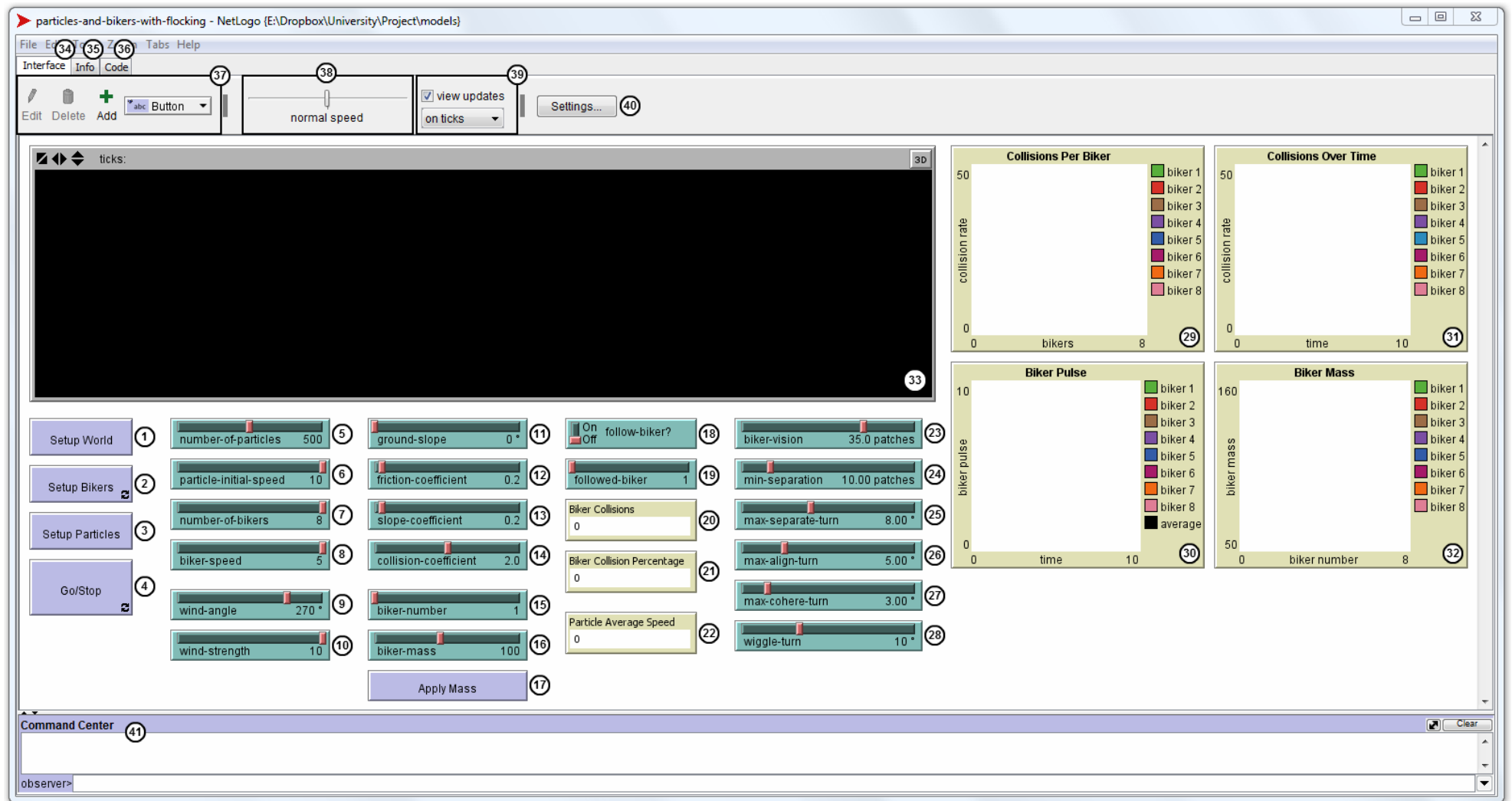


תמונה 1.6. דוגמא לרוכבים המסודרים במערך טור אחד.



תמונה 1.7. דוגמא לרוכבים המסודרים בשני מערכי טורים.

מודל חלקיקים ורוכבים עם התקבצות



#	שם האלמנט	תיאור
1	Setup World	מאתחל את העולם ויוצר מסלול ריק בעולם.
2	Setup Bikers	יוצר רוכבים בעולם לפי המחווון number-of-bikers (7), ומאפשר הזזה של רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה (27). במקרה של התנגשות בין רוכבים, מאתחל את התנועה הפנימית של הרוכבים ומוחק סימוני התנגשויות מהעולם.
3	Setup Particles	מוסיף חלקיקי אוויר לעולם לפי המחווון number-of-particles (5).
4	Go/Stop	מתחיל ומפסיק את הרצת המודל.
5	number-of-particles	מספר החלקיקים הנוספים למודל על ידי Setup Particles (3). טווח ערכים: [10, 1000] (ברירת מחדל: 500)
6	particle-initial-speed	מהירות החלקיקים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 10] (ברירת מחדל: 10)
7	number-of-bikers	מספר הרוכבים הנוצרים במודל על ידי Setup Bikers (2). טווח ערכים: [1, 8] (ברירת מחדל: 8)
8	biker-speed	מהירות הרוכבים ההתחלתית. טווח ערכים: [1, 5] (ברירת מחדל: 5)
9	wind-angle	כיוון הרוח אליו נמשכים החלקיקים. טווח ערכים: [0, 359] (ברירת מחדל: 270)
10	wind-strength	עוצמת הרוח הקובעת את עוצמת המשיכה של החלקיקים לכיוון הרוח. טווח ערכים: [0, 10] (ברירת מחדל: 10)
11	ground-slope	שיפוע המסלול המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 89] (ברירת מחדל: 0)
12	friction-coefficient	חיכוך המסלול (מקדם החיכוך) המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
13	slop-coefficient	מקדם השיפוע המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0.1, 2] (ברירת מחדל: 0.2)
14	collision-coefficient	מקדם ההתנגשות המשפיע על חישוב דופק הרוכבים. טווח ערכים: [0, 4] (ברירת מחדל: 2)
15	biker-number	מספר הרוכב עבורו קובעים את ערך תכונת המסה ביחד עם המחווון biker-mass (16) והכפתור Apply Mass (16). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
16	biker-mass	ערך המסה אותו קובעים לרוכב ביחד עם המחווון biker-number (15) והכפתור Apply Mass (16). טווח ערכים: [50, 160] (ברירת מחדל: 100)

#	שם האלמנט	תיאור
17	Apply Mass	קובע את תכונת המסה של הרוכב המצויין במחווך biker-number (15) לערך המצויין במחווך biker-mass (16).
18	follow-biker?	קובע האם לעקוב אחר רוכב פרטני לפי המחווך followed-biker (19). ערכים: [on, off] (ברירת מחדל: off)
19	followed-biker	מספר הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18). טווח ערכים: [1, number-of-bikers] (ברירת מחדל: 1)
20	Biker Collisions	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את מספר ההתנגשויות בחלקיקים של הרוכב.
21	Biker Collision Percentage	עבור הרוכב אחריו עוקבים עם follow-biker? (18): מציג את אחוז ההתנגשויות בחלקיקים של הרוכב מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים.
22	Particle Average Speed	מציג את המהירות הממוצעת של החלקיקים.
23	biker-vision	טווח הראיה המקסימלי של רוכב כאשר הוא מבצע התקבצות. טווח ערכים: [0, 50] (ברירת מחדל: 25)
24	min-separation	המרחק המינימלי בין שני רוכבים כאשר הם מצייתים לחוק ההפרדות. טווח ערכים: [8, 20] (ברירת מחדל: 10)
25	min-separate-turn	זווית הפניה המקסימלית של רוכב כאשר הוא מציית לחוק ההפרדות. טווח ערכים: [0, 20] (ברירת מחדל: 8)
26	min-align-turn	זווית הפניה המקסימלית של רוכב כאשר הוא מציית לחוקי ההתיישרות. טווח ערכים: [0, 20] (ברירת מחדל: 5)
27	min-cohere-turn	זווית הפניה המקסימלית של רוכב כאשר הוא מציית לחוק ההתחברות. טווח ערכים: [0, 20] (ברירת מחדל: 3)
28	wiggle-turn	זווית הפניה המקסימלית של רוכב כאשר הוא מתנדנד על המסלול. טווח ערכים: [0, 30] (ברירת מחדל: 10)
29	Collisions Per Biker	מציג גרף היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון.
30	Biker Pulse	מציג גרף של הדופק של כל רוכב לאורך הזמן.
31	Collisions Over Time	מציג גרף של מספר ההתנגשויות של כל רוכב בחלקיקים בפרק הזמן האחרון לאורך הזמן.
32	Biker Mass	מציג גרף היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
33	חלון התצוגה	חלון התצוגה הראשי של המודל.
34	Interface	לשונית הממשק בה מבצעים אינטראקציה עם המודל.
35	Info	לשוניות מידע בה ניתן רקע והסברים על המודל.

#	שם האלמנט	תיאור
36	Code	לשונית קוד בה נכתב הקוד של המודל.
37	כלים לבניית ממשק	(לשימוש המתכנת) כלים לבניית אלמנטים של ממשק במודל (כפתורים, מחוונים, צגים וכו').
38	מהירות המודל	שליטה על מהירות ריצת המודל.
39	View Updates	(לשימוש המתכנת) שליטה על אופן עדכון התצוגה של המודל.
40	Settings	(לשימוש המתכנת) הגדרות עבור העולם וחלון התצוגה (27) של המודל.
41	Command Center	(לשימוש המתכנת) חלון פקודות הפועלות על המודל.

אופן השימוש במודל

הפעלת המודל

1. הורד את התוכנה NetLogo 5.0 מהקישור הבא: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
2. באמצעות התוכנה NetLogo 5.0 פתח את הקובץ: particles-and-bikers-basic.nlogo
3. הלשונית Interface מציגה את המודל ובה מתבצע השימוש במודל
4. הלשונית Info מציגה מידע נוסף על המודל ועל אופן השימוש במודל
5. הלשונית Code מציגה את הפרוצדורות השונות של המודל (לשימוש המתכנת)

אתחול העולם

כדי להשתמש במודל יש ראשית לבצע אתחול של העולם ליצירת מסלול בו קיימים רוכבים וחלקיקים.

1. לחץ על Setup World (1) כדי לאתחל את העולם עם מסלול ללא רוכבים וחלקיקים. (ראה תמונה 1.1)
2. לחץ על Setup Bikers (2) כדי ליצור רוכבים ולמקם אותם על המסלול. (ראה תמונות 1.2 ו- 1.2.1)
 - 2.1. המחווך number-of-bikers (7) קובע את מספר הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.2. המחווך biker-speed (8) קובע את מהירות הרוכבים הנוצרים בעולם.
 - 2.3. לחיצה ראשונה מפעילה את הכפתור ומאפשרת הזזה של רוכבים. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 2.4. ניתן להזיז רוכבים על ידי לחיצה וגרירה של רוכב עם העכבר בחלון התצוגה.
 - 2.5. לאחר הזזת הרוכבים, לחיצה שנייה מפסיקה את פעולת הכפתור.
3. לחץ על Setup Particles (3) כדי להוסיף חלקיקים לעולם. (ראה תמונה 1.3)
 - 3.1. המחווך number-of-particles (5) קובע את מספר החלקיקים הנוספים לעולם.
 - 3.2. המחווך particle-initial-speed (6) קובע את המהירות ההתחלתית של החלקיקים הנוספים לעולם.
4. לחץ על Go/Stop (4) כדי להריץ או לעצור את המודל.
 - 4.1. לחיצה ראשונה מתחילה/ממשיכה את הרצת המודל. (כפתור פעיל צבוע בשחור)
 - 4.2. לחיצה שנייה עוצרת את הרצת המודל.

לאחר אתחול העולם ניתן לבצע פעולות נוספות המשפיעות על התנהגות המודל:

1. הזזת רוכבים בעולם על ידי הפעלת Setup Bikers (2).
2. קביעת מסה עבור כל רוכב.
3. קביעת משתני השפעת הרוח על חלקיקי האוויר במודל.
4. קביעת משתנים סביבתיים המשפיעים על אופן חישוב דופק הרוכבים.
5. מעקב אחר רוכב פרטני.
6. קביעת משתנים המשפיעים על התקבצות הרוכבים.

קביעת מסה של רוכב

לאחר יצירת הרוכבים בעולם ניתן לקבוע את ערך תכונת המסה של כל רוכב. ערך תכונת המסה של רוכב משפיעה על חישוב הדופק של הרוכב בזמן ריצת המודל.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה biker-number (15).
2. בחר את ערך המסה הרצוי באמצעות המחווה biker-mass (16).
3. לחץ על Apply Mass (17) כדי לקבוע את תכונת המסה של הרוכב הנבחר לערך הנבחר.
4. הצג Biker Mass (26) מציג את ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.

קביעת השפעת הרוח

כיוון הרוח ועוצמת הרוח משפיעים בהתאמה על הכיוון אליו נמשכים חלקיקי האוויר ועל עוצמת המשיכה של החלקיקים אל הכיוון הנתון. השפעת הרוח באה לידי ביטוי בתנועת החלקיקים בזמן ריצת המודל.

1. קבע את זווית הרוח באמצעות המחווה wing-angle (9).
2. קבע את עוצמת הרוח באמצעות המחווה wind-strength (10).

קביעת משתנים סביבתיים ואופן חישוב דופק הרוכבים

שיפוע המסלול ורמת החיכוך של המסלול הם גורמים סביבתיים המשפיעים על חישוב הדופק של כל הרוכבים. מקדם השיפוע ומקדם החיכוך במודל קובעים את מידת השפעה של שיפוע הקרקע ושל קצב ההתגשויות של רוכב בחלקיקי אוויר על חישוב הדופק של הרוכבים.

1. קבע את שיפוע המסלול באמצעות המחווה ground-slope (11).
2. קבע את רמת החיכוך של המסלול (מקדם החיכוך) באמצעות המחווה friction-coefficient (12).
3. קבע את מקדם השיפוע של חישוב הדופק באמצעות המחווה slope-coefficient (13).
4. קבע את מקדם ההתנגשות של חישוב הדופק באמצעות המחווה collision-coefficient (14).

מעקב אחר רוכב פרטני

בזמן ריצת המודל ניתן לעקוב אחר רוכב פרטני. מעקב אחר רוכב פרטני מציג מידע נוסף על הרוכב.

1. בחר את מספר הרוכב באמצעות המחווה followed-biker (19).
2. העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב on.
3. כדי להפסיק לעקוב אחר הרוכב, העבר את המתג follow-biker? (18) אל מצב off.

המידע המתקבל עבור הרוכב הנעקב:

1. הרוכב מודגש בחלון התצוגה של המודל.
2. מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מופיע בצג Biker Collisions (20).
3. אחוז מספר ההתנגשויות של הרוכב בחלקיקים מסך כל ההתנגשויות של הרוכבים בחלקיקים מופיע בצג Biker Collision Percentage (21).

פלט

המודל מספק מידע על הרוכבים והחלקיקים המתעדכן כל פרק זמן קבוע בזמן הרצת המודל.

1. Collisions Per Biker (23): היסטוגרמה של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב.
2. Collisions Over Time (25): גרף של מספר ההתנגשויות האחרונות בחלקיקים של כל רוכב לאורך זמן.
3. Biker Pulse (24): גרף של דופק כל רוכב לאורך זמן.
4. Biker Mass (26): היסטוגרמה של ערך המסה הנוכחי של כל רוכב.
5. Particle Average Speed (22): המהירות הממוצעת הנוכחית של חלקיקי האוויר.

התקבצות הרוכבים

רוכבים במודל מצייתים לארבעה חוקי התקבצות עיקריים:

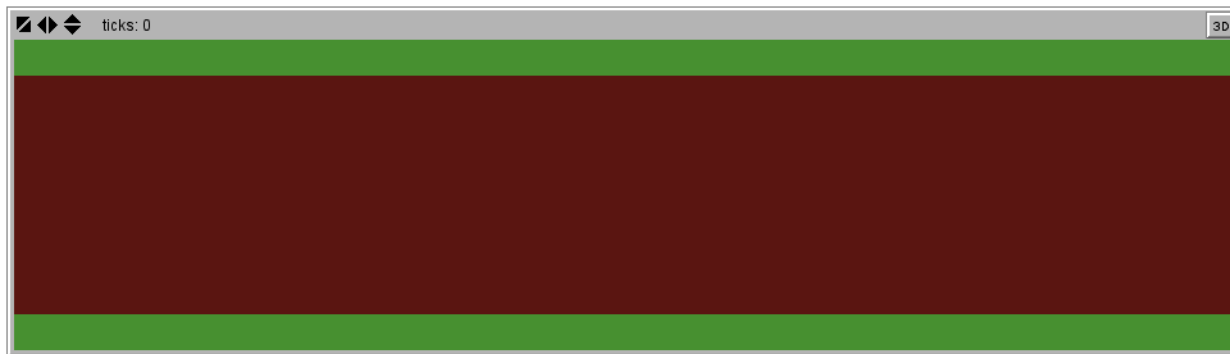
1. **התיישרות:** רוכב הרואה קבוצת רוכבים אחרים מתיישר עם קבוצת הרוכבים.
(פנייה לעבר זווית התנועה הממוצעת של הרוכבים בקבוצה)
2. **התחברות:** רוכב הרואה קבוצת רוכבים אחרים מתחבר אל קבוצת הרוכבים.
(פנייה לעבר המיקום הממוצע של קבוצת הרוכבים (מרכז הקבוצה))
3. **הפרדות:** רוכב הרואה רוכב אחר הקרוב אליו מדי נפרד מהרוכב האחר.
(פנייה אל הכיוון הנגדי לכיוון שמהרוכב הנוכחי אל הרוכב האחר)
4. **התיישרות עם המסלול:** רוכב שאינו רואה קבוצת רוכבים אחרים מתיישר עם המסלול.
(פנייה לעבר זווית תנועה של 90°)

בזמן הרצת המודל ניתן לקבוע ערכים למשתנים השונים המשפיעים על התקבצות הרוכבים.

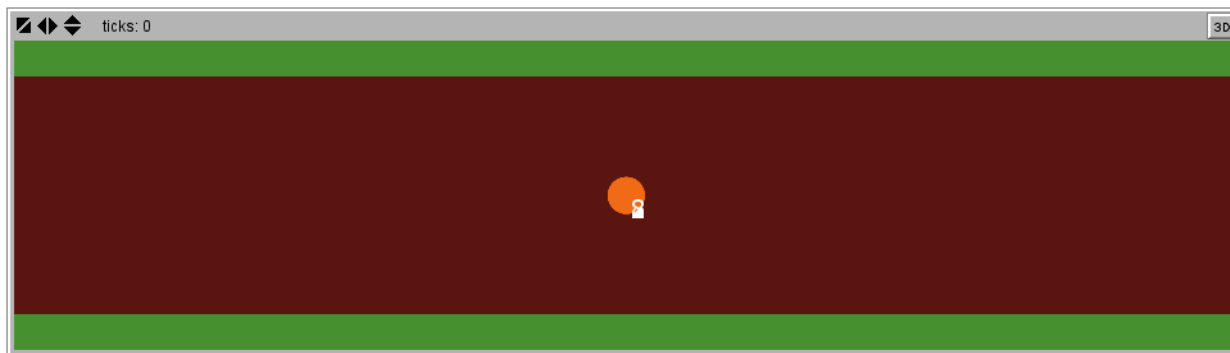
1. מרחק הראייה המקסימלי של רוכב לחיפוש אחר רוכבים אחרים נקבע לפי המחוון biker-vision (23).
2. המרחק המינימלי עליו שומרים רוכבים כחלק מחוק הפרדות נקבע לפי המחוון min-separation (24).
3. זווית הפניה המקסימלית של רוכב המציית לחוק הפרדות נקבעת לפי המחוון max-separate-turn (25).
4. זווית הפניה המקסימלית של רוכב המציית לחוק התיישרות נקבעת לפי המחוון max-align-turn (26).
5. זווית הפניה המקסימלית של רוכב המציית לחוק ההתחברות נקבעת לפי המחוון max-cohere-turn (27).

בנוסף לחוקים אלו, רוכבים מתנדנדים על המסלול תוך כדי תנועתם על ידי פנייה אקראית ימינה ושמאלה.

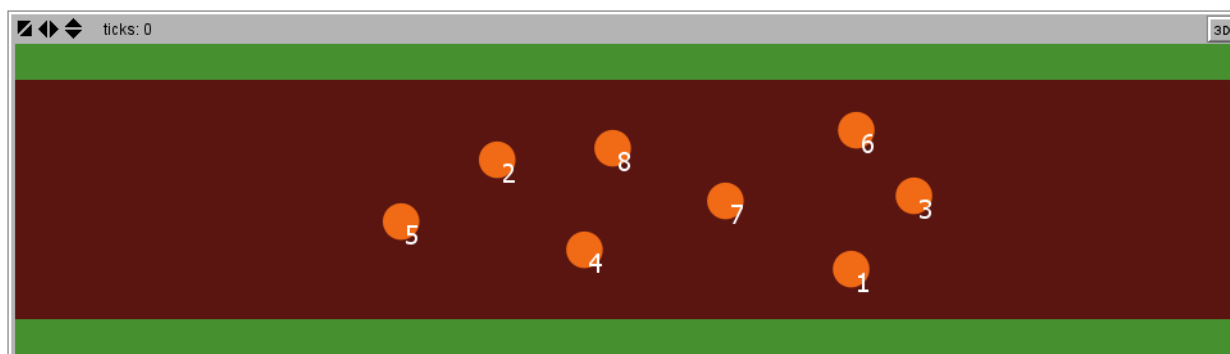
1. הערך המקסימלי של זווית הפניה האקראית ימינה ושמאלה נקבע לפי המחווך wiggle-turn (28).



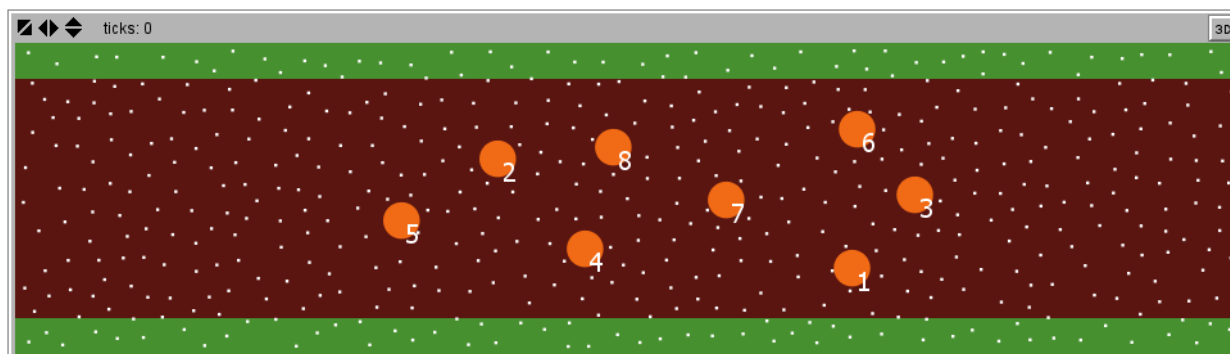
תמונה 1.1. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup World. נוצר מסלול ריק ללא חלקיקים ורוכבים.



תמונה 1.2. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Bikers. נוצרו רוכבים בעולם באותו המקום.



תמונה 1.2.1. מצב העולם לאחר הזזת הרוכבים באמצעות Setup Bikers.



תמונה 1.3. מצב העולם לאחר לחיצה על Setup Particles. נוצרו חלקיקים בעולם במקומות אקראיים.