

Tehtävä 2: Robottisimulaattori

Suttupaperi

Voit käyttää alla olevaa tekstilaatikkoo suttupaperina. Suttupaperin saa irrotettua kelluvaksi painamalla tekstilaatikon oikeassa yläreunassa sijaitsevaa nuolipainiketta. Voit siirrellä kelluvaa ikkunaa yläpalkista ja muuttaa sen kokoa oikeasta alanurkasta. Näin voit selata tehtävän kysymysten kohdalle ilman, että suttupaperi katoaa näkyvistä. Suttupaperin sulkeminen palauttaa sen takaisin tämän ohjeen alle.

Tätä voit käyttää suttupaperina



Voit käyttää tätä piirtopaperina

10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Aineisto

Tekoäly, eli keinoäly tai AI (engl. *artificial intelligence*), on tietokoneohjelma, joka kykenee tekemään älykkäinä pidettäviä toimintoja. Nykyaikainen tapa rakentaa tekoälyjä koneoppimisen avulla (ks. Tehtävän 1 aineisto) voi olla hyvin kallis ja pitkä prosessi etenkin silloin, kun opetusdataa on vähän saatavilla. Robotiikka on yksi sellainen tekoälyn osa-alue, jossa robotin tekoälyn rakentaminen voi olla hankalaa pelkällä koneoppimisella.

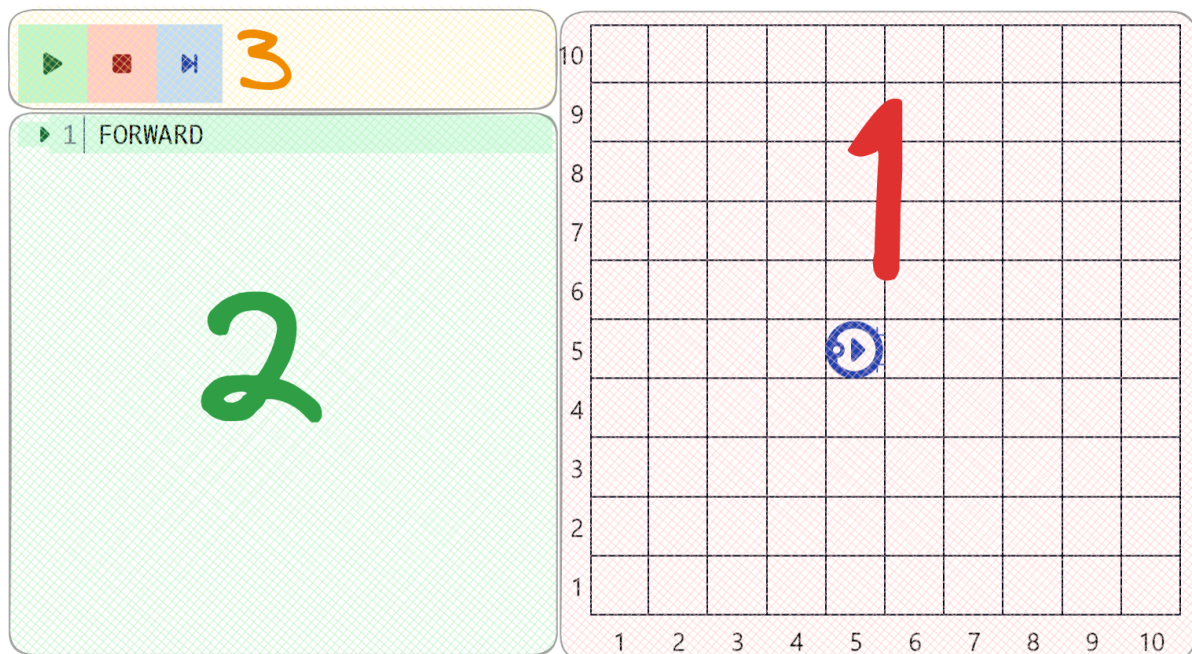
Robottien tekoälyä rakennetaan osittain tai kokonaan *sääntöpohjaisesti*. Sääntöpohjaiselle tekoälyl-

le määritetään etukäteen sääntöjä, joilla tekoäly toimii halutulla tavalla ympäristöstä saatavan tiedon perusteella. Esimerkiksi robottien tapauksessa robotille voidaan ohjelmoida sääntöjä, joiden perusteella se reagoi ympäristön ärsykkeisiin ja vuorovaikuttaa fyysisen maailman kanssa. Sopivilla säännöillä robotti voidaankin saamaan käyttäytymään paljolti ”ihmismäiseltä”.

Keskitytään tässä tehtävässä yhä useammassa kodissa löytyvään robottiin: robotti-imuriin. Robotti-imuri on yksinkertaisimmillaan robotti, joka osaa liikkua eteenpäin ja kääntyä paikallaan. Robotti-imureilla on myös usein jokin yksinkertainen anturi, jolla se tunnistaa, voiko se liikkua lyhyen matkan eteenpäin tai sivulle. Näillä vähäisillä tiedoilla ympäristöstään robotti-imurin kuitenkin tulee osata navigoida erilaisten esteiden ohi.

Robottisimulaattorin käyttöohjeet

Tässä tehtävässä on käytössä simulaattori, jolla voi ohjata robotti-imuria yksinkertaisilla komennoilla.



Kuva 1: Robottisimulaattorin käyttöliittymä

Robottisimulaattorissa on kolme osaa: (1) kenttäruudukko, (2) komentolista ja (3) toimintapainikkeet.

1. Kenttäruudukko

Robotti voi liikkua kenttäruudukon rajaamalla alueella ruudusta toiseen.

Yksinkertaisuuden vuoksi robotti liikkuu 10x10-ruudukossa. Vasemman alanurkan koordinaatti on (1, 1). Luvuista ensimmäinen merkitsee sijaintia vaakasuunnassa (X-koordinaatti), ja jälkimmäinen sijaintia pystysuunnassa (Y-koordinaatti). X-koordinaatin arvo kasvaa oikealle ja Y-koordinaatin arvo kasvaa ylöspäin. Siispä ruudukon oikean ylänurkan koordinaatti on (10, 10).

Kenttäruudukossa käytetään seuraavia merkintöjä:

Merkintä	Selitys
	Vapaa ruutu. Robotti voi liikkua tähän.
	Robotti. Nuolen kärki osoittaa suunnan, johon robotti on kääntynyt.

Merkintä	Selitys
	Este. Robotti ei voi liikkua tähän ruutuun.
	Maali. Robotin komentojen suoritus loppuu heti, kun se astuu maaliin.
	Lähtö. Tästä ruudusta robotti lähtee liikkeelle.
	Pölypallo. Robotti voi kerätä niitä.

2. Komento ja komentojono

Robotti suorittaa *komentojonon* eli ohjelman, joka koostuu *komennoista*. Alla on lista komennoista, joita robotille voi antaa. Komentoja esitellään tarkemmin myös kysymysten yhteydessä.

Komento	Merkitys
FORWARD	Robotti liikkuu yhden askeleen robotin osoittamaan suuntaan. Jos robotti ei voi liikkua eteenpäin (edessä on este tai kentän reuna), komento ei tee mitään.
RIGHT	Robotti kääntyy 90 astetta myötäpäivään. Esimerkiksi jos robotti osoittaa alaspäin, niin tämän komennon suorittamisen jälkeen robotti osoittaa vasemmalle.
LEFT	Robotti kääntyy 90 astetta vastapäivään. Esimerkiksi jos robotti osoittaa alaspäin, niin tämän komennon suorittamisen jälkeen robotti osoittaa oikealle.
LOOP (N) :	Robotti toistaa seuraavien kahdella välilyönnillä sisennettyjen komentojen suorittamista N kertaa.
LOOP :	Robotti toistaa seuraavien kahdella välilyönnillä sisennettyjen komentojen suorittamista, kunnes suoritetaan END_LOOP-komento. Jos END_LOOP-komentoa <i>ei</i> anneta, toistamista suoritetaan ikuisesti tai siihen saakka kun ohjelma muutoin päättyy.
END_LOOP	Jos robotti on toistamassa joitakin komentoja, toisto lopetetaan. Robotti jatkaa seuraavien toiston ulkopuolella olevien komentojen suorittamista, toisin sanoen niitä komentoja, joita on vähemmän sisennetty.
IF (CAN_MOVE) :	Robotti suorittaa seuraavat kahdella välilyönnillä sisennetyt komennot seuraavaksi, jos robotti voi liikkua yhden ruudun eteenpäin.
IF (CANNOT_MOVE) :	Robotti suorittaa seuraavat kahdella välilyönnillä sisennetyt komennot seuraavaksi, jos robotti <i>ei</i> voi liikkua yhtä ruutua eteenpäin.

3. Simulaattorin toiminta

Komento, jonka robotti seuraavaksi aikoo suorittaa on simulaattorissa merkitty vihreällä sekä ►-merkillä.

Robotti suorittaa komentoja aina yksi kerrallaan, ylhäältä alas, ellei komento vaikuta suoritussyrjestykseen. Komennot ovat numeroitu simulaattorissa selkeyden vuoksi.

Simulaattorin toimintaa voi ohjata seuraavilla toimintapainikkeilla:

1	FORWARD
▶ 2	LEFT
3	FORWARD

Kuva 2: Esimerkki komentojen suorituksesta. Seuraavaksi suoritetaan rivillä 2 oleva komento.

Painike	Selitys
	Suorita komennot alusta alkaen. Robotti suorittaa kaikki komennot yksi kerrallaan.
	Keskeytä robotti. Robotti pysäyttää komentojen suorittamisen kunnes painat taas suorituspainiketta.
	Pysäytä komentojen suorittaminen ja palauta robotti lähtöruutuun.
	Suorita seuraava komento. Robotti suorittaa vain seuraavan komennon. Tämä keskeyttää komentojen suorittamisen.

Esimerkkejä

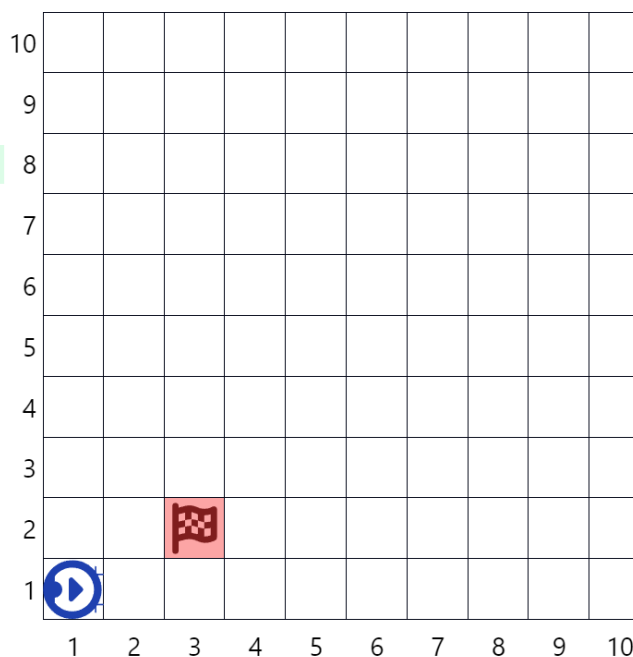
Peruskomennot

Komennolla **FORWARD** robotti liikkuu yhden ruudun verran eteenpäin siihen suuntaan, johon robotissa oleva nuoli osoittaa. Robotti kääntyy vastapäivään 90 astetta komennolla **LEFT** ja myötäpäivään 90 astetta komennolla **RIGHT**.

Yhdistämällä komentoja saadaan robotti liikkumaan pitkin kenttää:



▶ 1	FORWARD
2	LEFT
3	FORWARD
4	RIGHT
5	FORWARD



Yllä olevassa esimerkissä robotti suorittaa seuraavat komennot ylhäältä alas:

1. Robotti liikkuu yhden askeleen eteenpäin

2. Robotti kääntyy vasemmalle, jolloin se osoittaa ylöspäin
3. Robotti liikkuu yhden askeleen eteenpäin
4. Robotti kääntyy oikealle, jolloin se osoittaa alkuperäiseen suuntaan
5. Robotti liikkuu yhden askeleen eteenpäin

Komentojen toistaminen

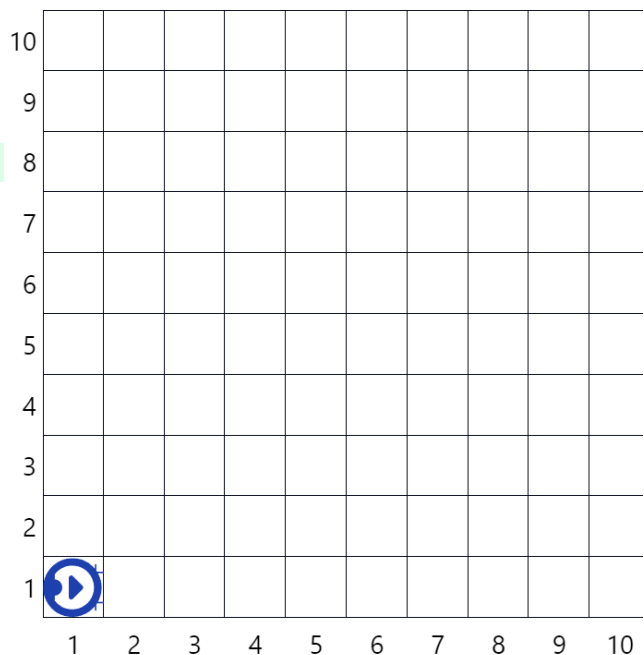
Pitkien komentojonojen kirjoittaminen on työlästä, joten lisätään robotille komento **LOOP(N)**, jolla voi toistaa komentoja N kertaa. Esimerkiksi komento

```
LOOP (5):  
  FORWARD
```

tarkoittaa, että robotti liikkuu viisi askelta eteenpäin. Komennot, jotka tulee toistaa, sisennetään aina kahdella välilyönnillä. Toistettavia komentoja voi olla useita sisentämällä ne samalle sisennystasolle. Toistettavat komennot voivat olla mitä tahansa, eli **LOOP**-komennon sisällä voi olla muita **LOOP**-komentoja. Seuraava esimerkki esittää tämän mahdollisuuden:



```
▶ 1 LOOP (4):  
  2 LOOP (3):  
    3 FORWARD  
    4 LEFT  
    5 RIGHT
```



Tässä esimerkissä toistuu neljä kertaa **FORWARD-FORWARD-FORWARD-LEFT**-komennon sarjaa, joten robotti päättyy samaan pisteeseen kuin mistä se lähtikin. Lopuksi robotti vielä kääntyy osoittamaan kentällä alaspäin.

Kysymykset 2.1-2.7 (0-14 pistettä)

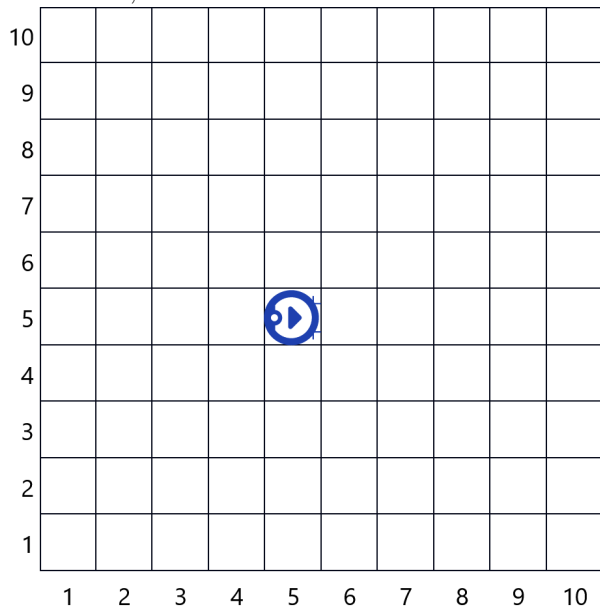
Kysymyksissä 2.1-2.7 on seuraava pisteytys:

- Oikea valinta: 2 pistettä
- Väärä valinta: 0 pistettä
- Ei valintaa tai "En halua vastata": 0 pistettä

Kysymyksissä 2.1 ja 2.2 tilan säästämiseksi komennot **RIGHT**, **LEFT** ja **FORWARD** on lyhennetty kirjaimiksi **R**, **L** ja **F**.

Kysymys 2.1

Oletetaan, että robotti on aluksi koordinaatissa (5, 5) ja osoittaa oikealle:

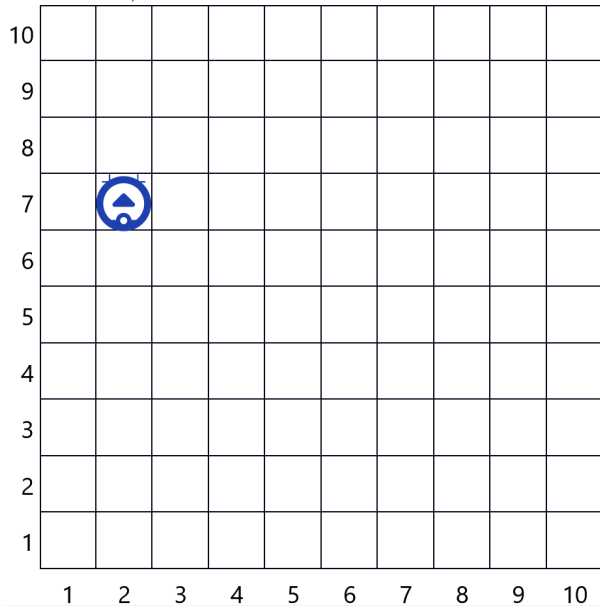


Mikä seuraavista komentojonoista vie sen koordinaattiin (10, 10)?

- ☐ RRRRRLFFFFFF
- ☐ RFFFFFFLFFFFFF
- ☐ FLFRFLFRFLFRFLFRFLF
- ☐ RLRRLRLRL
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.2

Oletetaan, että robotti on aluksi koordinaatissa (2, 7) ja osoittaa ylöspäin:



Robotille annetaan seuraavaksi alla olevat komennot:

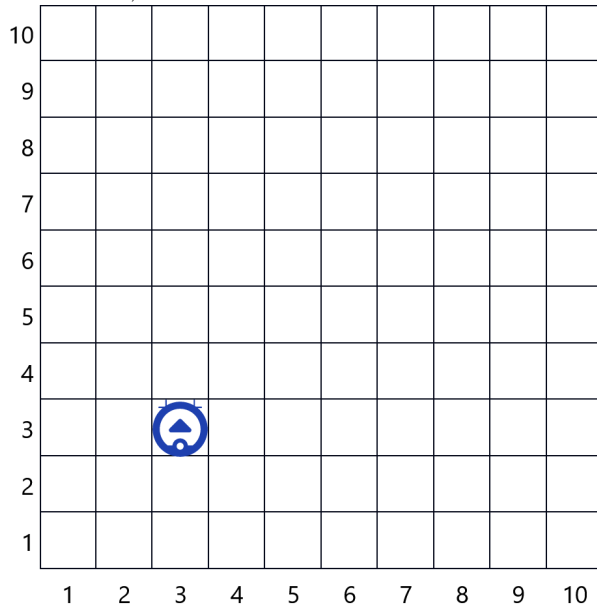
RFFFRFFRLLLLRFFFF

Mihin koordinaattiin robotti päättyy, jos yllä oleva komentojono suoritetaan?

- ☐ (5, 9)
- ☐ (6, 7)
- ☐ (10, 6)
- ☐ (6, 6)
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.3

Oletetaan, että robotti on aluksi koordinaatissa (3, 3) ja se osoittaa ylöspäin:



Halutaan, että robotti päättyy koordinaattiin (3, 8) ja on lopuksi kääntyneenä oikealle. Mikä seuraavista komentojonoista saavuttaa tämän?

- ☐

```
RIGHT
LOOP (5):
  FORWARD
RIGHT
```
- ☐

```
RIGHT
LOOP (5):
  FORWARD
LOOP (2):
  LEFT
  LOOP (5):
    FORWARD
RIGHT
RIGHT
```
- ☐

```
LOOP (5):
  FORWARD
LOOP (5):
  RIGHT
```
- ☐

```
LOOP (5):
  FORWARD
  RIGHT
LOOP (2):
  FORWARD
  FORWARD
RIGHT
RIGHT
```
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.4

Olkoon seuraava kenttäruudukko:

10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

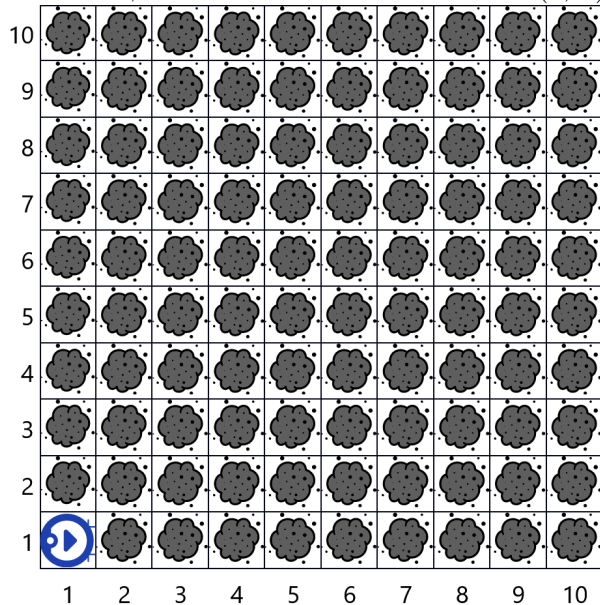
Robotti lähtee liikkeelle koordinaatista (1, 1) osoittaen oikealle.

Mikä komentojono vie robotin maaliin?

- ☐ LOOP:
FORWARD
IF (CANNOT_MOVE):
LEFT
- ☐ LOOP:
FORWARD
IF (CANNOT_MOVE):
LEFT
IF (CANNOT_MOVE):
RIGHT
RIGHT
- ☐ LOOP:
FORWARD
LOOP:
IF (CANNOT_MOVE):
LEFT
- ☐ LOOP:
FORWARD
IF (CANNOT_MOVE):
RIGHT
FORWARD
LEFT
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.5

Oletetaan, että robotti on koordinaatissa (1, 1) osoittaen oikealle. Kenttä on täynnä pölyä:



Astuessaan pölyiselle ruudulle robotti kerää ruudussa olevan pölypallon pois, jolloin ruutu jää tyhjäksi.

Robotille annettiin seuraava ohjelma:

```
LOOP (4):  
  FORWARD  
LEFT  
LOOP (3):  
  FORWARD  
LEFT  
LEFT  
FORWARD  
RIGHT  
LOOP (4):  
  FORWARD  
RIGHT  
FORWARD  
FORWARD  
RIGHT  
LOOP (4):  
  FORWARD
```

Mitä merkkiä muistuttava kuvio muodostuu tyhjistä ruuduista, kun robotti toteuttaa kaikki komennot loppuun?

- ☐ J
- ☐ 6
- ☐ 0
- ☐ 9
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.6

Robotti-imurilla on rajallinen akku. Akkua kuluu enemmän, kun robotti kulkee jo imuroitua reittiä.

Normaalisti FORWARD-komento kuluttaa akkua yhden yksikön verran. Kuitenkin, jos robotti liikkuu FORWARD-komennon seurauksena sellaiseen ruutuun, jossa on jo käyty, niin *seuraava* FORWARD-komento kuluttaa akkua kaksi yksikköä, sillä jo siivotusta ruudusta pois lähteminen aiheuttaa pyörien sutimista.

Esimerkiksi seuraavan komentojonon hinta on kolme yksikköä (robotti aloittaa koordinaatissa (1, 1) osoittaen oikealle):

```
FORWARD
FORWARD
LEFT
LEFT
FORWARD
```

Selitys:

- Robotti liikkuu ruutuun (2,1) (akkua kuluu 1 yksikkö)
- Robotti liikkuu ruutuun (3,1) (akkua kuluu 1 yksikkö)
- Robotti kääntyy 180 astetta (nämä komennot eivät kuluta akkua)
- Robotti liikkuu ruutuun (2,1) (akkua kuluu 1 yksikkö)

Ruudussa (2, 1) käydään kyllä kahdesti, mutta koska FORWARD-komentoja ei enää tuon jälkeen tule, akkua kuluu kolme yksikköä.

Seuraavan komentojonon hinta on puolestaan viisi yksikköä (robotti lähtee oikealle ruudusta (1, 1)).

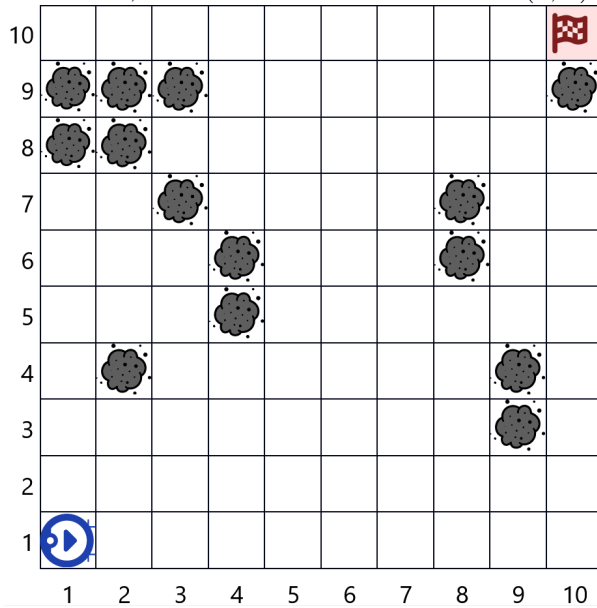
```
FORWARD  -> Robotti liikkuu ruutuun (2, 1) (akkua kuluu 1 yksikkö)
FORWARD  -> Robotti liikkuu ruutuun (3, 1) (akkua kuluu 1 yksikkö)
LEFT      -> osoittaa ylös
LEFT      -> osoittaa vasemmalle
FORWARD  -> Robotti liikkuu ruutuun (2, 1) (akkua kuluu 1 yksikkö)
FORWARD  -> Robotti liikkuu ruutuun (1, 1) (pyörät sutivat lähtiessä
ruudusta (2, 1), akkua kuluu 2 yksikköä)
```

Mikä on kysymyksessä 2.5 olevan koodin muodostaman polun hinta? Anna vastaus kokonaislukuna

Vastaus: _____

Kysymys 2.7

Oletetaan, että robotti on koordinaatissa (1, 1) osoittaen oikealle. Kentällä on pölyä eri paikoissa:



Mikä alla olevista komentojonoista on sellainen, joka vie robotin maaliin ja kerää eniten pölypalloja?

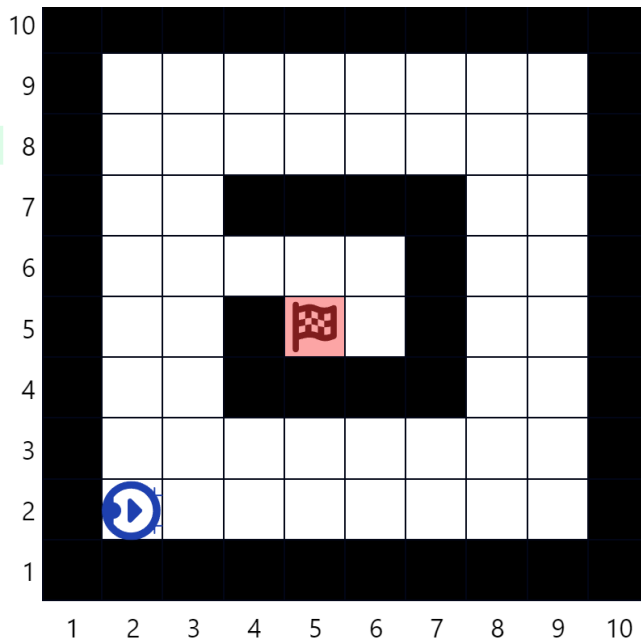
- ☐ LOOP:
FORWARD
LEFT
FORWARD
RIGHT
- ☐ LEFT
LOOP (8):
FORWARD
RIGHT
LOOP (9):
FORWARD
LEFT
- ☐ LEFT
LOOP:
LOOP (2):
LOOP (6):
FORWARD
RIGHT
LOOP (2):
FORWARD
LEFT
FORWARD
FORWARD
- ☐ LOOP:
LOOP (6):
FORWARD
LEFT
RIGHT
RIGHT
- ☐ En halua vastata

Kysymys 2.8 (0-2 pistettä)

Alla olevalla komentojonolla robotti ei pääse koskaan maaliin tässä kenttäruudukossa. Alla oleva kysymys koskee tätä komentojonoa.



```
▶ 1 LOOP:
  2 RIGHT
  3 IF (CANNOT_MOVE):
  4   LEFT
  5   IF (CAN_MOVE):
  6     FORWARD
  7     RIGHT
  8   IF (CANNOT_MOVE):
  9     LEFT
10 IF (CAN_MOVE):
11 FORWARD
```

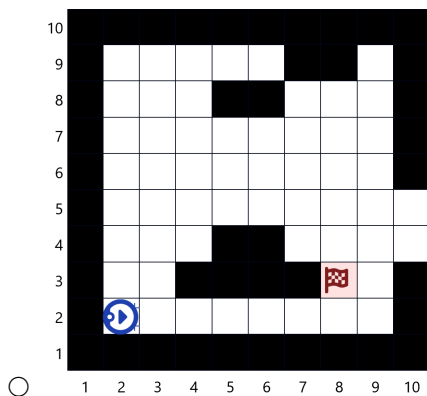
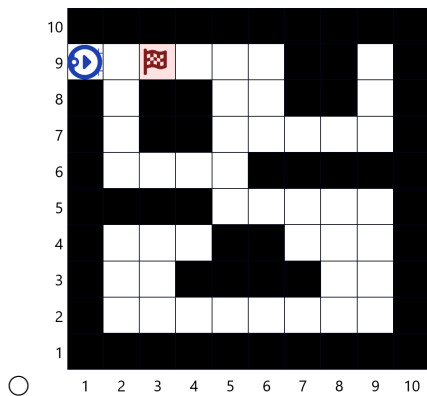
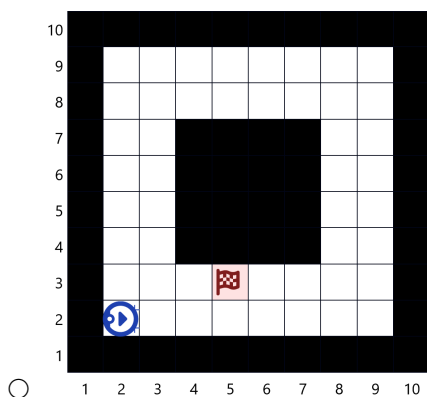
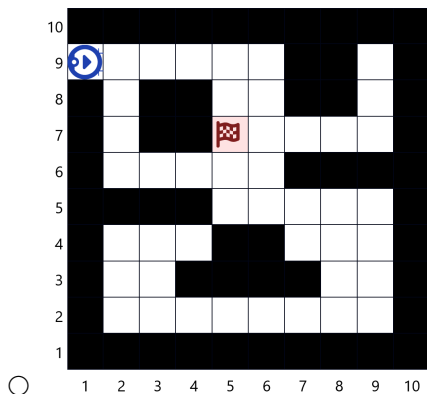


Pisteytys:

- Oikea valinta: 2 pistettä
- Väärä valinta: 0 pistettä
- Ei valintaa tai "En halua vastata": 0 pistettä

Kysymys 2.8

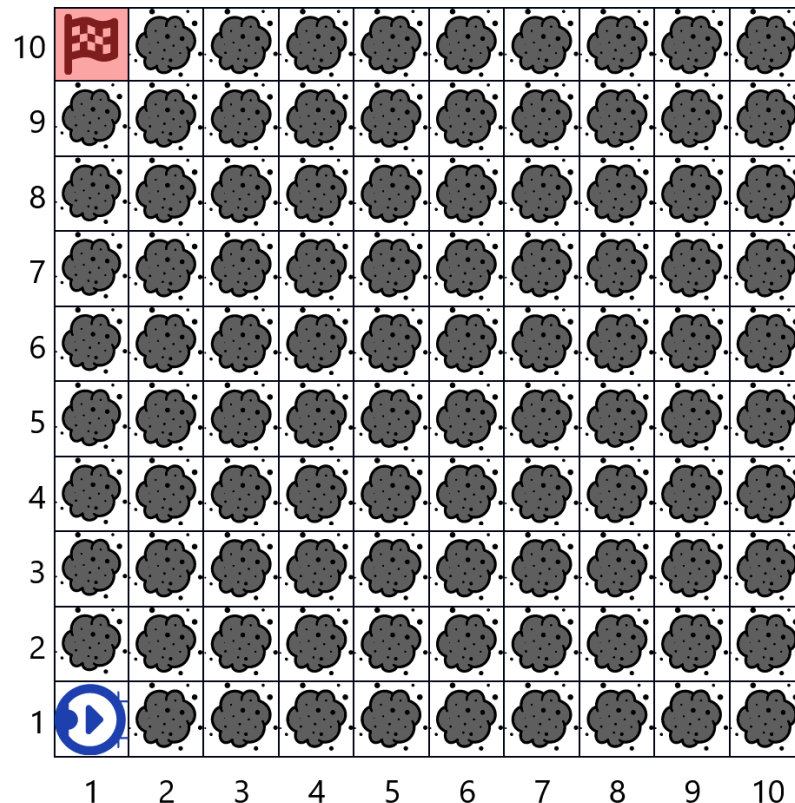
Mikä kentistä on sellainen, että robotti pääsisi esitetyn komentojonon avulla maaliin?



☐ En halua vastata

Kysymys 2.9 (0-4 pistettä)

Edellisistä kysymyksistä viisastuneena Heikki Hakija päätti kokeilla oman yksinkertaisen robottitekniikan luomista. Heikin tavoite oli muodostaa ohjelma, jonka avulla robotti voisi automaattisesti siivota kaikki pölyt seuraavalta kentältä:



Kuva 3: Kenttä, jolle Heikki haluaa rakentaa ohjelman

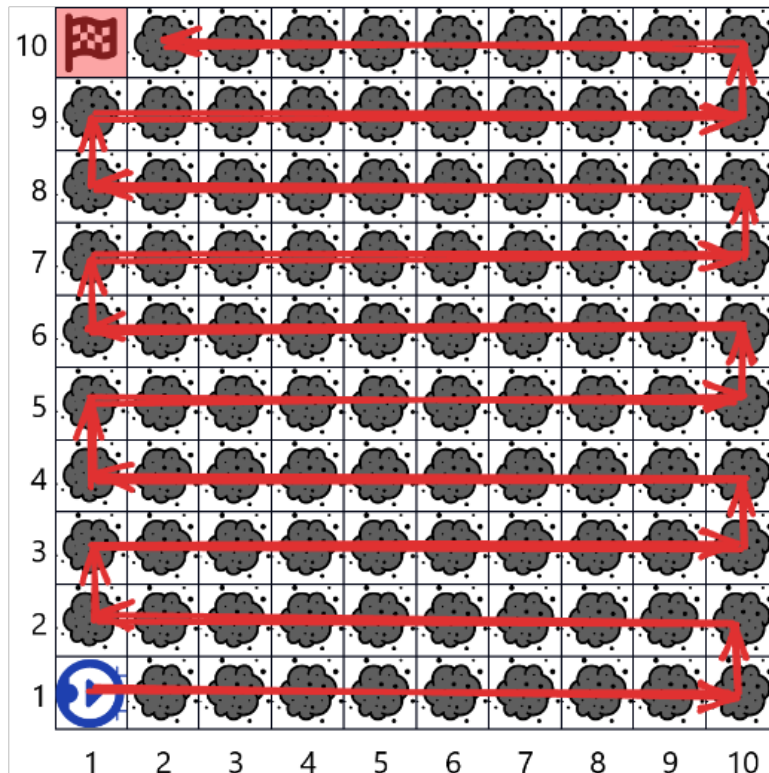
Heikki keksi seuraavan ratkaisutavan:

1. Liiku jatkuvasti samaan suuntaan samalla rivillä kunnes osuu seinään
2. Siirry yksi rivi ylöspäin ja käänny vastakkaiseen suuntaan
3. Jatka taas vaiheesta 1 kunnes osuu maaliin

Toisin sanoen robotti kulki siksakkina maaliin keräten kaikki pölypallot:

Kuitenkin lukuisista kokeiluista huolimatta Heikki ei saanut robottia toimimaan suunnitellulla tavalla. Heikin virheellinen ohjelma näyttää seuraavalta:

```
1 LOOP (4):
2   LOOP:
3     FOWRARD
4     IF (CANNOT_MOVE):
5       LEFT
6       FORWARD
7       LEFT
8     END_LOOP
9   LOOP:
10    FORWARD
11    IF (CAN_MOVE):
12      LEFT
13      FORWARD
14      LEFT
15    END_LOOP
```



Kuva 4: Heikin suunnittelema ratkaisutapa

Pisteytys:

- 4 pistettä, jos kaikki virheelliset rivit ilmoitettu.
- Osapisteitä annetaan sen mukaan, kuinka monta oikeaa virheellistä riviä on ilmoitettu.
- Vääristä ilmoitetuista rivinnumeroista vähennetään osapisteitä.
- Kysymyksen kokonaispistemäärä ei voi mennä negatiiviseksi.

Kysymys 2.9

Mitä yllä olevan ohjelman rivejä tulee vähintään muokata, jotta robotti toimisi halutulla tavalla?

Muokkaukseksi lasketaan rivin sisällön vaihtamista. Eri rivien sisältöjä ei saa vaihtaa keskenään. Kirjoita vastaukseen vain rivinnumeroita pilkulla erotettuna. Älä kirjoita mitään muuta vastauskenttään. Vastaus: _____