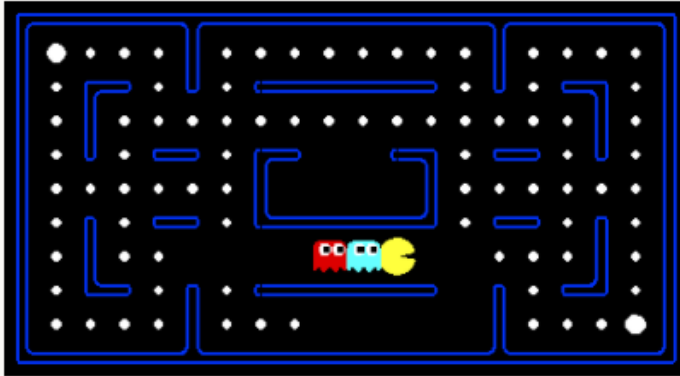


תרגיל 2 – משחקים

Pacman



הקדמה:

בפרויקט זה תבנו סוכנים לגרסה הקלאסית של פקמן, כולל רוחות רפאים. לאורך הדרך, תיישמו גם Alpha-Beta Pruning - I minmax

בסיס הקוד לא השתנה הרבה מהפרויקט הקודם, אך אנא הורידו את הקבצים מאזור תרגיל 2 הנמצאים בתיקיית zip ב classroom במקום לשלב קבצים מהפרויקט הקודם.

קבצים לעריכה:

multiAgents.py – הקובץ בו תממשו את הסוכנים שלכם.

קבצים שכדאי להסתכל עליהם:

pacman.py - הקובץ הראשי שמריץ משחקי פאקמן. קובץ זה מתאר את ה Pacman GameState, שבו אתה משתמש בפרויקט זה.

game.py – לוגיקת המשחק של עולם הפקמן. קובץ זה מתאר מספר טיפוסים תומכים כמו Grid - AgentState, Agent, Direction.

util.py - מבני נתונים שימושיים ליישום אלגוריתמי חיפוש.

קבצי תמיכה שניתן להתעלם מהם:

graphicsDisplay.py - גרפיקה

graphicsUtils.py - תמיכה בגרפיקת Pacman

textDisplay.py - גרפיקת ASCII עבור פאקמן

ghostAgents.py - סוכנים לשליטה ברוחות רפאים

keyboardAgents.py - ממשקי מקלדת לשליטה בפקמן

layout.py - קוד לקריאת קבצי פריסה ואחסון תוכנם

הגשה

במהלך התרגיל תערכו חלקים של **multiAgents.py**. עליכם לשלוח קבצים אלה עם הקוד והערות שלכם. נא לא לשנות את הקבצים האחרים או לשלוח אף אחד מהקבצים המקוריים מלבד קובץ זה. בראש הקובץ נא לכתוב את שם הסטודנט ות.ז.

בנוסף לקובץ זה, עליכם להגיש קובץ פרטים אישיים בשם detail.txt והוא יכיל את שם הסטודנט בשורה הראשונה ות.ז. בשורה השנייה.

ברוך הבא ל Multi-Agent Pacman !

ראשית, תוכלו לשחק pacman קלאסי על ידי הרצת הפקודה:

```
python pacman.py
```

תוך שימוש בחיצי המקלדת לניווט.

כעת, הריצו את הסוכן ReflexAgent שמסופק עבורכם ב multiAgents.py:

```
python pacman.py -p ReflexAgent
```

שימו לב שהוא משחק מאוד גרוע אפילו בפריסות פשוטות:

```
python pacman.py -p ReflexAgent -l testClassic
```

עיינו בקוד של ReflexAgent שב multiAgents.py, וודאו שאתם מבינים את צורת הפעולה שלו היטב.

שאלה 1 - Reflex Agent

שפרו את ReflexAgent שב multiAgents.py כך שישחק טוב יותר. קוד הסוכן שקיבלתם מספק כמה דוגמאות לפנ' שמבקשות מידע מה GameState. ה ReflexAgent חייב להתחשב גם במיקומי המזון וגם במיקומי הרוחות רפאים כדי להשיג ביצועים טובים יותר. על הסוכן שלכם לאכול את כל ה"פרסים" בקלות מהלוח הבא:

```
python pacman.py -p ReflexAgent -l testClassic
```

נסו את ReflexAgent על הלוח הבא, עם רוח רפאים אחת או שתיים (וללא אנימציה כדי להאיץ את התצוגה)

```
python pacman.py --frameTime 0 -p ReflexAgent -k 1
```

```
python pacman.py --frameTime 0 -p ReflexAgent -k 2
```

כיצד הסוכן הסתדר? סביר להניח שעם שתי רוחות רפאים הוא ימות, אלא אם כן פנ' ההערכה שלך מספיק טובה.

טיפים:

- זכרו של newFood יש את הפונ' asList().
- נסו להשתמש בתכונות על ערכים (כמו מרחק לאוכל) ולא להשתמש רק בערכים עצמם.
- נסו להסתכל בתוכן הפנימי של האובייקטים השונים ב debugging. ניתן לעשות זאת על ידי הדפסת יצוג המחרוזות של האובייקטים. לדוגמא אפשר להדפיס newGhostStates על ידי print(newGhostStates) הפקודה:

הצעה: רוחות ברירת המחדל הן רנדומליות; אפשר לשחק בשביל הכיף עם "רוחות כיוון" חכמות יותר אם תכתוב:

-g DirectionalGhost

אם הרנדומליות מונעת מכם לדעת האם הסוכן משתפר, תוכלו להריץ את המשחק עם רנדומליות קבועה (אותן בחירות אקראיות לאורך כל המשחק בכל משחק) על ידי הוספת f-
ניתן גם לשחק מספר משחקים ברצף עם h- או לכבות את הגרפיקה עם q- כדי להריץ הרבה משחקים במהירות.

שאלה 2 – Minimax

בשאלה זו תממשו סוכן חיפוש יריב במחלקה המסופקת לכם MinmaxAgent שנמצאת בקובץ multiAgents.py. סוכן ה Minmax שלך צריך לעבוד עם כל כמות של רוחות רפאים, ולשם כך תצטרך לכתוב אלגוריתם קצת יותר כללי ממה שראית בהרצאה. בפרט, לעץ ה Minmax שלך יהיו מספר שכבות min (אחת לכל רוח רפאים) עבור כל שכבת max (של pacman).

הקוד שלכם צריך להרחיב גם את עץ המשחק לעומק שרירותי, (משתנה depth שמתקבל בשורת הפקודה) כשאת ניקוד העלים תחשב בעזרת הפונ' self.evaluationFunction שמוגדרת כברירת מחדל ל scoreEvaluationFunction.

MinmaxAgent מרחיבה את MultiAgentSearchAgent שנותנת גישה ל self.depth ול - self.evaluationFunction.

תודאו שקוד ה Minmax שלכם מתייחס לשני המשתנים האלו במידת הצורך מכיוון שהערכים שלהם עשויים להשתנות בתגובה לאפשרויות שורת הפקודה.

שימו לב: שכבת חיפוש אחת נחשבת למהלך אחד של pacman ושל כל תגובת הרוחות, כך שחיפוש בעומק 2 יכלול את pacman וכל רוח רפאים שזזה פעמיים.

שימו לב 2: קריאות מיותרות או חסרות ל GameState.generateSuccessor ישפיעו על הציון.

טיפים:

- ממשו אלגוריתם רקורסיבי תוך שימוש בפונ' עזר.
- ישום נכון של minmax יוביל לכך ש pacman יפסיד בחלק מהמשחקים. זו לא בעיה מכיוון שזו התנהגות נכונה ותעבור את הבדיקות.
- פונקציית ההערכה למבחן Pacman בחלק זה כבר כתובה (self.evaluationFunction). אין לשנות את הפונקציה הזו, אך שימו לב שכעת אנו בוחנים מצבים ולא פעולות, כפי שהיה ב ReflexAgent. הסוכן שלך מעריך מצבים עתידיים ואילו ReflexAgent העריך פעולות מהמצב הנוכחי.
- ערכי המינימקס של המצב ההתחלתי ב minimaxClassic הם 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

```
python pacman.py -p MinimaxAgent -l minimaxClassic -a depth=4
```

- פקמן הוא תמיד סוכן 0, רוחות הרפאים מקבלים מספור עולה לפי סדר.
- כל המצבים במינימקס צריכים להגיע מ GameStates, להעביר אותן ל- `getAction` או להפיק אותן באמצעות `GameState.generateSuccessor`.
- על לוחות גדולים יותר כגון `openClassic` ו- `mediumClassic` (ברירת המחדל), תמצאו את פאקמן טוב ב"לא למות", אבל גרוע בניצחון. לעתים קרובות הוא יסתובב בלי להתקדם. הוא עשוי אפילו להסתובב ממש ליד נקודה מבלי לאכול אותה כיוון שהוא לא יודע לאן הוא יגיע אחרי שיאכל את הנקודה הזו, התנהגות שכזו תקינה.
- כאשר פאקמן מאמין שמותו בלתי נמנע, הוא ינסה לסיים את המשחק בהקדם האפשרי בגלל העונש המתמיד על החיים (ירידת ניקוד ככל שהמשחק מתקדם). לפעמים, זה לא הדבר הנכון לעשות עם רוחות רנדומליות אקראיות, אך סוכני מינימקס תמיד מניחים את הגרוע ביותר:

```
python pacman.py -p MinimaxAgent -l trappedClassic -a depth=3
```

וודאו שאתה מבין מדוע פאקמן ממחר לרוח הרפאים הקרובה ביותר במקרה זה.

שאלה 3 - Alpha-Beta Pruning

צורו סוכן חדש שמשתמש ב Alpha-Beta Pruning כדי לחקור ביעילות רבה יותר את עץ המינימקס, ב- `AlphaBetaAgent`. שוב, האלגוריתם שלכם יהיה קצת יותר כללי מהפסאודוקוד מההרצאה, כך שחלק מהאתגר הוא להרחיב את Alpha-Beta Pruning בהתאם למספר גורמי `minimizer`. אתם אמורים לראות שיפור במהירות (אולי עומק 3 ב Alpha-Beta יפעל מהר כמו מינימקס עומק 2). באופן אידיאלי, עומק 3 על `smallClassic` אמור לרוץ תוך כמה שניות לכל מהלך או מהר יותר.

```
python pacman.py -p AlphaBetaAgent -a depth=3 -l smallClassic
```

ערכי המינימקס ב `AlphaBetaAgent` צריכים להיות זהים לערכי המינימקס ב `MinimaxAgent`, אם כי הפעולות שהוא בוחר יכולות להשתנות בגלל התנהגות שונה של שבירת קשרים. שוב, ערכי המינימקס של המצב ההתחלתי בפריסה `minimaxClassic` הם 9, 8, 7 ו- 492 לעומקים 1, 2, 3 ו- 4 בהתאמה.

שימו לב: מכיוון שאנו בודקים את הקוד כדי לקבוע אם הוא בוחר את המספר הנכון של מצבים, חשוב שתבצע גיזום אלפא-בטא מבלי לסדר ילדים מחדש. במילים אחרות, המצבים ישארו בסדר שהוחזר על ידי `GameState.getLegalActions`. שוב, אל תקראו ל- `GameState.generateSuccessor` יותר מהצורך.

שימו לב 2: לא לגזום במצבי שוויון.

קוד הפסאודו להלן מייצג את האלגוריתם שעליך ליישם עבור שאלה זו.

Alpha-Beta Implementation

α : MAX's best option on path to root
 β : MIN's best option on path to root

```
def max-value(state,  $\alpha$ ,  $\beta$ ):  
    initialize  $v = -\infty$   
    for each successor of state:  
         $v = \max(v, \text{value}(\text{successor}, \alpha, \beta))$   
        if  $v > \beta$  return  $v$   
         $\alpha = \max(\alpha, v)$   
    return  $v$ 
```

```
def min-value(state,  $\alpha$ ,  $\beta$ ):  
    initialize  $v = +\infty$   
    for each successor of state:  
         $v = \min(v, \text{value}(\text{successor}, \alpha, \beta))$   
        if  $v < \alpha$  return  $v$   
         $\beta = \min(\beta, v)$   
    return  $v$ 
```

יישום נכון של Alpha-Beta Pruning יוביל לכך שפקמן יפסיד בחלק מההרצות. זו לא בעיה, מכיוון שזו התנהגות נכונה והיא תעבור את הבדיקות.

בהצלחה רבה!!