Набір скриптів для створення та навчання власної штучної нейронної мережі.

Створення власної штучної нейронної мережі (ШНМ) не є великою проблемою. А от навчити ШНМ виконувати ті чи інші дії та завдання – це вже справжній виклик. Для того, щоб полегшити Вам завдання створення та навчання ШНМ Я написав ряд скриптів, які все зроблять за вас. Єдине, що від вас потребується - це правильно «пояснити» ШНМ, що вона має вивчити.

2019

ЗМІСТ

Загальний опис скриптів.

Perceptron.cs – не MonoBehaviour скрипт штучної нейронної мережі (ШНМ) типу персептрон. Цей скрипт автоматично створить персептрон за вашими параметрами, вирішить поставлене завдання (якщо пройде «навчання»), збереже та завантажить вашу ШНМ.

PerceptronInterface.cs – цей скрипт можна використовувати для полегшення створення, візуалізації, збереження та завантаження ШНМ під час періоду навчання. Це інтерфейс для персептрону у ігровому режимі.

PerceptronLernByBackPropagation.cs – не MonoBehaviour скрипт для навчання персептрону методом зворотного поширення помилки. Вам достатню ввести вибірку завдань з відповідями або створити «вчителя», і ШНМ почне своє навчання. А за допомогою гнучких налаштувань Ви можете швидко і легко завершити навчання ШНМ.

PerceptronBackPropagationInterface.cs – це скрипт інтерфейсу для навчання персептрону методом зворотного поширення помилки у ігровому режимі.

PerceptronLernByRandomGeneration.cs – не MonoBehaviour скрипт для навчання персептрону методом випадкової генерації певної кількості «клонів» об’єкту який потрібно навчити. Усі створені «клони» отримують видозмінений випадковим чином персептрон від об’єкту навчання на першій генерації, а на всіх наступних від кращого з попередньої генерації. Велика кількість гнучких налаштувань навчання дає можливість отримати само-навчений персептрон.

PerceptronRandomGenerationInterface.cs – це скрипт інтерфейсу для навчання персептрону методом випадкової генерації у ігровому режимі.

ANN.cs – не MonoBehaviour скрипт штучної нейронної мережі (ШНМ). Цей скрипт автоматично створить ШНМ за вашими параметрами, вирішить поставлене завдання (якщо пройде «навчання»), збереже та завантажить вашу ШНМ.

ANNNode.cs - не MonoBehaviour скрипт який містить основну інформацію вузла (нейрону) ШНМ.

ANNConnection.cs - не MonoBehaviour скрипт який містить основну інформацію з’єднань між вузлами (нейронами) ШНМ.

ANNInterface.cs – цей скрипт можна використовувати для полегшення створення, візуалізації, збереження та завантаження ШНМ під час періоду навчання. Це інтерфейс для ШНМ у ігровому режимі.

ANNLearnByNEAT.cs – не MonoBehaviour скрипт для навчання ШНМ методом нейроеволюції доповнюючих топологій. За допомогою гнучких налаштувань Ви можете швидко і легко завершити навчання ШНМ.

ANNLearnByNEATInterface.cs – це скрипт інтерфейсу для навчання ШНМ методом нейроеволюції доповнюючих топологій у ігровому режимі.

DrawANNWeight.cs – не MonoBehaviour скрипт (static) для візуалізації вагових зв’язків ШНМ. Використовується скриптом PerceptronInterface.cs та ANNInterface.

InterfaceGUI.cs – не MonoBehaviour скрипт (static) для скриптів інтерфейсів.

Formulas.cs – не MonoBehaviour скрипт (static) для полегшення вирішення циклічних чи подібних завдань.

ActivationFunctions.cs – не MonoBehaviour скрипт (static) функцій активації для нейронів.

Детальний опис основних скриптів.

public class Perceptron – не MonoBehaviour скрипт штучної нейронної мережі (ШНМ) типу персептрон.

Основні змінні скрипту Perceptron.cs	
public int AFT	Номер функції активації.
public float AFS	Розмір функції активації.
public bool B	Якщо «вірно», то створюється додатковий нейрон зміщення в кожному шарі, крім вихідного шару. Цей нейрон завжди дорівнює одиниці. Його вагові зв'язки впливають на всі нейрони наступного шару, крім нейрону зміщення.
public bool AFWM	Якщо «вірно», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «невірно» - то від 0 до 1.
public float[] Input	Вхідний шар ШНМ. Розмір масиву вказує кількість вхідних значень, з нейроном зміщення (якщо B == true, останній нейрон завжди = 1).
public int[] NIHL	Кількість нейронів у прихованих шарах, з нейроном зміщення. Розмір масиву вказує кількість прихованих шарів, з нейроном зміщення (якщо B == true, останній нейрон кожного шару завжди = 1).
public float[] Output	Вихідний шар ШНМ . Розмір масиву вказує кількість вихідних значень. Ніколи не містить нейрон зміщення.
public float[][] Neuron	Значення нейронів. Перша частина масиву відповідає шару персептрону. Друга частина масиву - це число нейрону в шарі.
public float[][][] NeuronWeight	Значення зв'язків між нейронами. Перша частина масиву відповідає шарові ШНМ. Друга частина масиву - це число нейрону наступного шару. Третя частина масиву - це число нейрону поточного шару.

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void CreatePerceptron		Створення персептрону за допомогою параметрів.
	int AFT	Номер функції активації.
	float AFS	Розмір функції активації.
	bool B	Якщо «вірно», то створюється додатковий нейрон зміщення в кожному шарі, крім вихідного шару. Цей нейрон завжди дорівнює одиниці. Його вагові зв'язки впливають на всі нейрони наступного шару.
	bool AFWM	Якщо «вірно», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «невірно» - то від 0 до 1.
	int NumberOfInputs	Кількість вхідних нейронів, без нейрону зміщення.
	int[] NIHL	Масив який вказує кількість нейронів (без нейрону зміщення) у кожному прихованому шарі ШНМ. Розмір масиву вказує на кількість прихованих шарів.
	int NumbersOfOutputs	Кількість вихідних нейронів.
public void Load		Завантаження персептрону з файлу.
	string PerceptronFile	Ім'я файлу для завантаження.
public void Solution		Рішення персептрону.
private float Sumator		Сума всіх значень нейронів помножених на їх вагу.
	float[] Neuron	Нейрони певного шару.
	float[] NeuronWeight	Ваги того ж шару, що і нейрони.
private void CreatingNeurons		Створення нейронів та їх зв'язків між собою.
	StreamReader SR	Вказаний потік з файлу завантаження. Використовуйте "null", якщо файл не використовується.
public void Save		Збереження параметрів персептрону у файл.
	string PerceptronFile	Ім'я файлу для завантаження.

public class PerceptronLernByBackPropagation – не MonoBehaviour скрипт для навчання персептрону методом зворотного поширення помилки.

Основні змінні скрипту PerceptronLernByBackPropagation.cs	
public int LearningSpeed	Швидкість навчання. Кількість кроків навчання за один кадр ігрового режиму. Якщо час затрачений на 1 кадр перевищує 1 секунду, то «LearningSpeed» буде продовжено з наступного кадру.
public int LearnIteration	Лічильник кількості кроків навчання.
public float LearningRate	Сила зміни вагових зв'язків при навчанні. Впливає на швидкість та якість навчання.
public float DesiredMaxError	Вказує якою має бути максимальна різниця між вірною відповіддю та відповіддю ШНМ.
public float MaxError	Максимальна різницю між вірною відповіддю та відповіддю ШНМ.
public bool Learned	Якщо різниця між вірною відповіддю та відповіддю ШНМ менша за DesiredMaxError, то персептрон рахується як навчений.
public bool ShuffleSamples	Якщо «вірно», то зразки завдань та відповідей будуть перемішуватися при навчанні.
public bool WithError	Якщо «вірно», то навчання методом зворотного поширення працює лише з вихідними нейронами помилка яких перевищує DesiredMaxError

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void Learn		Перший варіант використання команди. Навчання персептрону методом зворотного поширення помилки з вмістом певної кількості завдань з відповідями. Може використовувати ShuffleSamples.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
	float[][] Task	Масив завдань. Перша частина масиву відповідає за номер завдання. Друга частина масиву – номер вхідного нейрону.
	float[][] Answer	Масив відповідей. Перша частина масиву відповідає за номер відповіді. Друга частина масиву – номер вихідного нейрону.
public void Learn		Другий варіант використання команди. Навчання персептрону методом зворотного поширення помилки з вмістом одного завдання з відповіддю. Не використовує LearningSpeed, DesiredMaxError та ShuffleSamples. Рекомендується використовувати DesiredMaxError = 0.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
	float[] Task	Масив одного завдання для кожного вхідного нейрону персептрону.
	float[] Answer	Масив однієї відповіді для кожного вихідного нейрону персептрону.
public void Learn		Третій варіант використання команди. Навчання персептрону методом зворотного поширення помилки з вмістом однієї відповіді. Використовувати якщо завдання напряму вводиться у вхідний шар персептрону. Не використовує LearningSpeed, DesiredMaxError та ShuffleSamples. Рекомендується використовувати DesiredMaxError = 0.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
	float[] Answer	Масив однієї відповіді для кожного вихідного нейрону персептрону.
public void ModificateStartWeights		Модифікація вагових зв'язків персептрону перед навчанням.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
	bool MSW	Якщо «вірно», то вагові зв'язки модифікуються по спеціальному алгоритму. Якщо «невірно», то всі вігові зв'язки генеруються випадково в діапазоні від -0,5 до 0,5.

public class PerceptronLernByRandomGeneration – не MonoBehaviour скрипт для навчання персептрону методом випадкової генерації певної кількості «клонів» об’єкту який потрібно навчити.

Основні змінні скрипту PerceptronLernByRandomGeneration.cs	
public int AmountOfChildren	Кількість «дітей» у кожному поколінні.
public bool ChildrenByWave	Якщо «вірно», то будуть додаткові «хвилі» з заданою кількістю «дітей» за раз у кожній генерації. Якщо «невірно», то буде підтримувати максимальну задану кількість «дітей» за одну генерацію.
public int ChildrenInWave	Максимальна кількість «дітей» одночасно у генерації навчання.
public int BestGeneration	Краще покоління на даний момент.
public int Generation	Загальна кількість поколінь.
public int ChildrenInGeneration	Кількість «дітей» у останньому поколінні.
public float BestLongevity	Краще «довголіття» на даний момент.
public float ChildrenDifference	Різниця вагових зв’язків між поколіннями.
public float ChildrenDifferenceAfterEffects	Різниця вагових зв’язків з коефіцієнтом впливу між поколіннями.
public bool ChildrenGradient	Якщо «вірно», то лінійно згладжує різницю вагових зв’язків між «дітьми» у поколінні.
public float GenerationEffect	Зменшувальний коефіцієнт впливу на різницю вагових зв’язків між поколіннями. Впливає при умові, що не дорівнює нулю та теперішнє покоління було кращим за попереднє.
public float GenerationSplashEffect	Збільшувальний коефіцієнт впливу на різницю вагових зв’язків між поколіннями. Впливає при умові, що не дорівнює нулю та теперішнє покоління було гіршим за попереднє.
public float ChangeWeightSign	Шанс на зміну знаку у вагових зв’язках.
public float Chance	Шанс вибрати поточне гірше покоління. Він змінюється за рахунок параметру public float ChanceCoefficient з кожним новим поколінням
public float ChanceCoefficient	Коефіцієнт впливу на шанс випадковості вибору теперішнього гіршого покоління. Впливає при умові, що не дорівнює нулю.
public bool Autosave	Включити / виключити авто-збереження при навчанні.
public int AutosaveStep	Крок авто-збереження.
public string AutosaveName	Початок ім’я файлу для авто-збереження.
public bool IgnoreCollision	Включити / виключити зіткнення «дітей».

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void StudentData		Збір даних для навчання.
	GameObject Student	Головний ігровий об’єкт (GameObject) який має вчитися.
	Object HereIsANN	Скрипт який містить персептрон.
	string PerceptronName	Ім’я змінної (Perceptron) яким названо персептрон у скрипті який містить персептрон (HereIsANN).
	Object StudentControls	Скрипт керування головного ігрового об’єкту.
	string StudentCrash	Ім’я змінної (bool) яким названо причина «аварії» ігрового об’єкту у скрипті керування (StudentControls).
	string StudentLife	Ім’я змінної (float) яким названо «довголіття» ігрового об’єкта у скрипті керування (StudentControls).
public void Learn		Навчання персептрону методом випадкової генерації.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
public void StopLearn		Негайна зупинка навчання з передачею інформації вагових зв’язків кращого персептрону з кращого покоління на персептрон який навчається.
	Perceptron PCT	Персептрон який треба вчити.
public void Reset		Скинути інформацію про навчання.

public class ANN – не MonoBehaviour скрипт штучної нейронної мережі (ШНМ).

Основні змінні скрипту ANN.cs	
public float AFT	Номер функції активації.
public float AFS	Розмір функції активації.
public bool AFWM	Якщо «вірно», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «невірно» - то від 0 до 1.
public float[] Input	Вхідний шар ШНМ . Розмір масиву вказує кількість вхідних значень.
public float[] Output	Вихідний шар ШНМ . Розмір масиву вказує кількість вихідних значень.
public Dictionary<int, ANNNode> Node	Словник вузлів (нейронів). Містить кожен вузол ШНМ.
public Dictionary<int, ANNConnection> Connection	Словник зв'язків між нейронами. Містить кожен зв'язок ШНМ.

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void Create		Створення ШНМ за допомогою параметрів.
	float AFT	Номер функції активації.
	float AFS	Розмір функції активації.
	bool AFWM	Якщо «вірно», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «невірно» - то від 0 до 1.
	int NumberOfInputs	Кількість вхідних нейронів, без нейрону зміщення.
	int NumbersOfOutputs	Кількість вихідних нейронів.
public void Load		Завантаження ШНМ з файлу. Підтримує файли збереження “ANN Perceptron”.
	string ANNFile	Ім’я файлу для завантаження.
public void Solution		Рішення ШНМ.
private void CreatingNeurons		Створення нейронів та їх зв’язків між собою.
	StreamReader SR	Вказаний потік з файлу завантаження. Використовуйте «null», якщо файл не використовується.
public void Save		Збереження параметрів ШНМ у файл.
	string ANNFile	Ім’я файлу для завантаження.
public void FixConnections()		Сортування нумерації з’єднань по порядку.
public void NumberingCorrection()		Сортування нумерації вузлів по порядку.

public class ANNNode – не MonoBehaviour скрипт який містить основну інформацію вузла (нейрону) ШНМ.

Основні змінні скрипту ANNNode.cs	
public float Neuron	Значення нейрону (зв’язка).
public float Bias	Значення зміщення нейрону.
public ArrayList ConnectionIn	Список вхідних номерів з'єднань.
public int Fullness	Повнота нейронних зв’язків при вирішенні.
public Vector2 Position	Позиція при візуалізації.
public int AFT	Номер функції активації нейрона. Якщо AFT == -1, то AFT = функція активації за замовчуванням ANN.
public bool UseMemory	Використання пам'яті нейрона.
public float NeuronMemory	Значення пам'яті нейрона.
public float WeightMemory	Значення ваги пам'яті нейрона.

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public ANNNode		Введення інформації про нейрон.
	float Neuron	Значення нейрона (вузла).
	float Bias	Значення зміщення нейрону.
	ArrayList ConnectionIn	Список вхідних номерів з'єднань.
	int Fullness	Повнота нейронних зв’язків при вирішенні.
	Vector2 Position	Позиція при візуалізації.
	int AFT	Номер функції активації нейрона. Якщо AFT == -1, то AFT = функція активації за замовчуванням ANN.
	bool UseMemory	Використання пам'яті нейрона.
	float WeightMemory	Значення ваги пам'яті нейрона.
	string Info	Текстовий вигляд нейрона (вузла).
public override string ToString		Перекладає інформацію вузла у текстовий вигляд.

public class ANNConnection – не MonoBehaviour скрипт який містить основну інформацію зв’язку (вагу) між нейронами ШНМ.

Основні змінні скрипту ANNConnection.cs	
public int In	Номер вхідного нейрону.
public int Out	Номер вихідного нейрону.
public float Weight	Вага зв’язка.
public bool Enable	Стан зв’язка.
public bool IsMemory	Якщо "true" - з'єднання отримує дані нейрона з попереднього рішення.
public float PreviousData	Значення вхідного нейрона даного вагового зв’язку з попереднього рішення.

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void ANNConnection		Введення інформації про зв’язок.
	public int In	Номер вхідного нейрону.
	public int Out	Номер вихідного нейрону.
	public float Weight	Вага зв’язка.
	public bool Enable	Стан зв’язка.
	string Info	Текстовий вигляд зв’язка.
public override string ToString()		Перекладає інформацію зв’язка у текстовий вигляд.

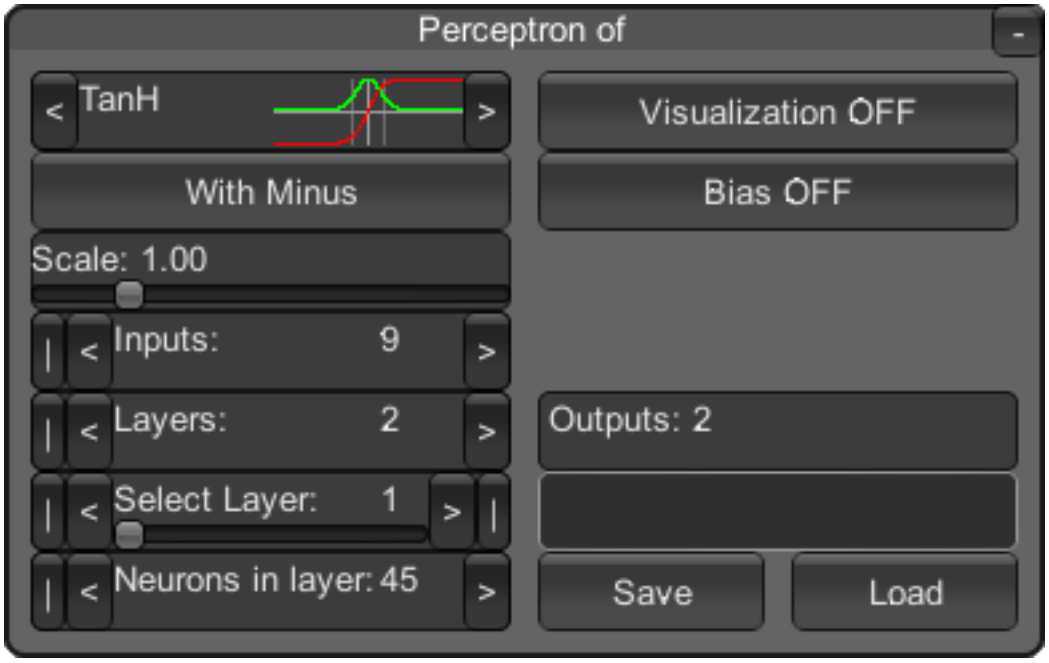
public class ANNLearnByNEAT – не MonoBehaviour скрипт для навчання ШНМ.

Основні змінні скрипту ANNLearnByNEAT.cs	
public ANN Ann	ШНМ яка навчається.
public int AmountOfChildren	Кількість «дітей» у кожному поколінні.
public int ChildrenInWave	Максимальна кількість «дітей» у хвилі кожного покоління.
public bool ChildrenByWave	Якщо «true» - хвилями. Якщо «false» - використовувати максимум за один раз.
public int BestGeneration	Краще покоління на даний момент.
public int Generation	Загальна кількість поколінь.
public int ChildrenInGeneration	Кількість «дітей» в даному поколінні.
public bool Cross	Дозвіл на "схрещування" двох найкращих «дітей».
public bool PerceptronStart	Якщо «true», то в першому поколінні дітей всі вхідні нейрони будуть з'єднані з вихідними нейронами.
public bool Autosave	Авто-збереження при навчанні.
public int AutosaveStep	Крок авто-збереження.
public string AutosaveName	Початкове ім'я файлу для авто-збереження.
public bool IgnoreCollision	Якщо «true», то буде проведено ігнорування зіткнення «дітей».
public float BestLongevity	Краще «довголіття» на даний момент.
public float ChildrenDifference	Різниця вагових зв’язків між поколіннями.
public float Chance	Шанс вибрати поточне гірше покоління. Він змінюється за рахунок параметру public float ChanceCoefficient з кожним новим поколінням
public float ChanceCoefficient	Коефіцієнт впливу на шанс випадковості вибору теперішнього гіршого покоління. Впливає при умові, що не дорівнює нулю.
public float MutationAddNeuron	Пропорція використання мутації «додати нейрон».
public float MutationAddWeight	Пропорція використання мутації «додати вагу».
public float MutationChangeOneWeight	Пропорція використання мутації «змінити одну вагу».
public float MutationChangeWeights	Пропорція використання мутації «змінити всі ваги».
public float MutationChangeOneBias	Пропорція використання мутації «змінити одне зміщення».
public float MutationChangeBias	Пропорція використання мутації «змінити всі зміщення».
public float MutationSum	Сума пропорційних значень мутації.
public int AddingWeightsCount	Кількість одночасного додавання зв’язків між нейронами у кожної «дитині».
public float ChangeWeightSign	Шанс на зміну знаку зв'язка.
public bool[] UseMemoryWeight	Якщо «true», ANN може отримати "ваги пам'яті". [0] - прихований шар. [1] - від виходів до прихованого шару.
public float[] UseNeuronsMemory	Якщо «true», то ANN може отримати "пам'ять у нейронах". [0] - прихований шар. [1] - вихідний шар.
public List<int> AFT	Список функцій активації нейронів. Якщо список пустий, то нейрони будуть використовувати функцію активації по замовчуванню у ANN.

Команда скрипту	**Змінні команди**	**Пояснення**
public void StudentData		Збір даних для навчання.
	GameObject Student	Головний ігровий об’єкт (GameObject) який має вчитися.
	Object HereIsANN	Скрипт який містить ШНМ.
	string ANNName	Ім’я змінної (ANN) яким названо ШНМ у скрипті який містить ШНМ (HereIsANN).
	Object StudentControls	Скрипт керування головного ігрового об’єкту.
	string StudentCrash	Ім’я змінної (bool) яким названо причина «аварії» ігрового об’єкту у скрипті керування (StudentControls).
	string StudentLife	Ім’я змінної (float) яким названо «довголіття» ігрового об’єкта у скрипті керування (StudentControls).
public void Learn		Навчання ШНМ.
public void StopLearn		Негайна зупинка навчання з передачею інформації вагових зв’язків кращої ШНМ з кращого покоління на ШНМ яка навчається.
public void Reset		Скинути інформацію про навчання.

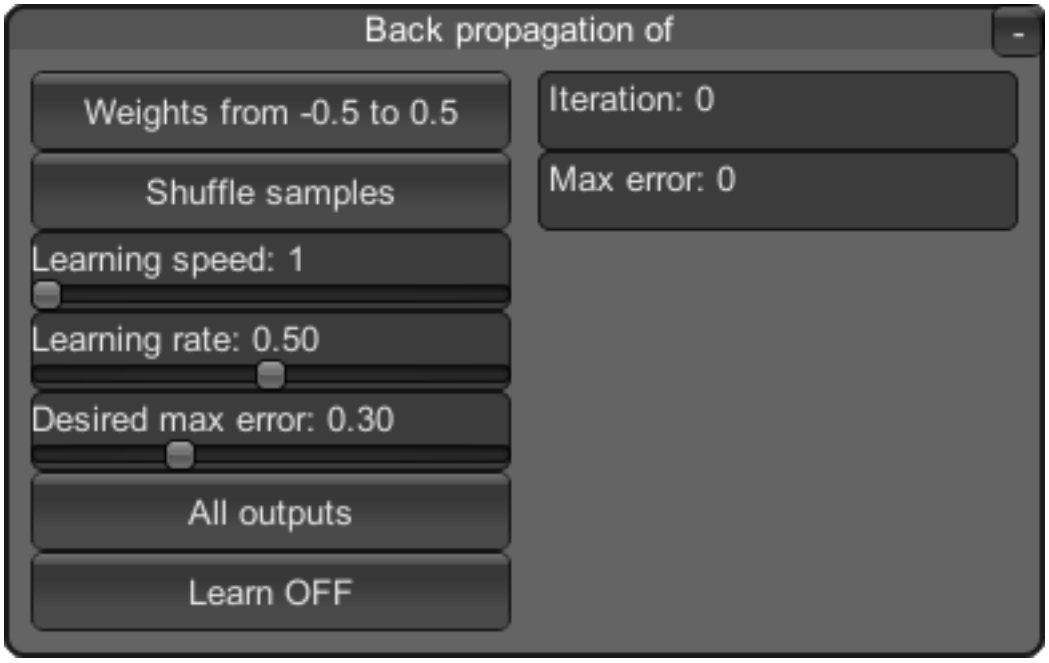
Опис допоміжних інтерфейсів.

PerceptronInterface.cs - цей скрипт можна використовувати для полегшення створення, збереження та завантаження ШНМ під час періоду навчання. Це інтерфейс для персептрону у ігровому режимі. Керує параметрами скрипту **Perceptron.cs**.



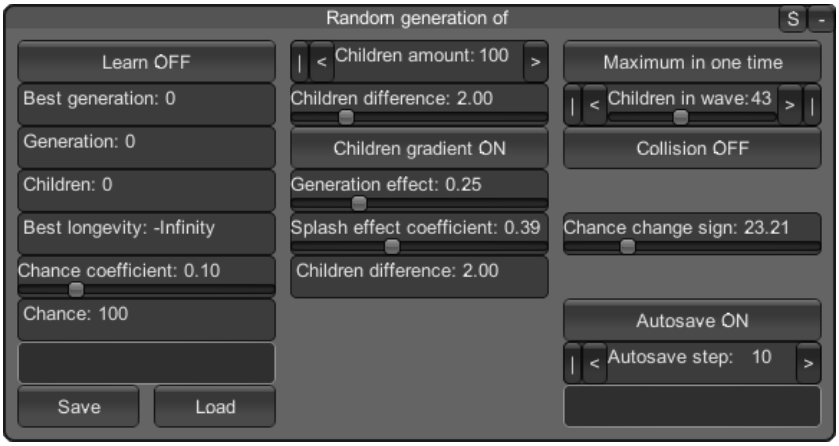
Функції активації	Вибір функції активації та її візуалізація («червоний» графік – функція активації, «зелений» - похідна цієї функції) для всіх нейронів у ШНМ.
Without Minus With Minus	Якщо «With Minus», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «Without Minus» - то від 0 до 1. Керує параметром public bool AFWM.
Bias OFF Bias ON	Якщо «Bias ON», то створюється додатковий нейрон зміщення в кожному шарі, крім вихідного шару. Цей нейрон завжди дорівнює одиниці. Його вагові зв'язки впливають на всі нейрони наступного шару, крім нейрону зміщення. Якщо «Bias OFF», то нейрону зміщення не буде. Керує параметром public bool B.
Scale	Розмір функції активації. Керує параметром public float AFS.
Inputs	Вказує кількість нейронів у вхідному шарі, без врахування нейрону зміщення. Впливає на масиви float[] Input, public float[][] Neuron та public float[][][] NeuronWeight.
Layers	Вказує кількість прихованих шарів. Впливає на масиви public int[] NIHL, public float[][] Neuron та public float[][][] NeuronWeight.
Select Layer	Вибір прихованого шару який потребує змін.
Neurons in layer	Вказує кількість нейронів у вибраному прихованому шарі. Впливає на масиви public int[] NIHL, public float[][] Neuron та public float[][][] NeuronWeight.
Visualization OFF Visualization ON	Якщо «Visualization ON» - демонструє вигляд персептрону з заданими параметрами. Якщо «Visualization OFF» - не демонструє.
Outputs	Показує кількість вихідних нейронів. Їх кількість треба вказувати при створенні персептрону.
GUI.TextField	Ім'я файлу для збереження або завантаження персептрону.
Save	Зберігає параметри та всі вагові зв'язки персептрону у файл, якщо вказано ім'я файлу. Керує командою public void Save.
Load	Завантажує параметри та всі вагові зв'язки персептрону у файл, якщо вказано ім'я файлу. Керує командою public void Load.

PerceptronBackPropagationInterface.cs – це скрипт інтерфейсу для навчання персептрону методом поширення помилки у ігровому режимі. Керує параметрами скрипту **PerceptronLernByBackPropagation.cs**.



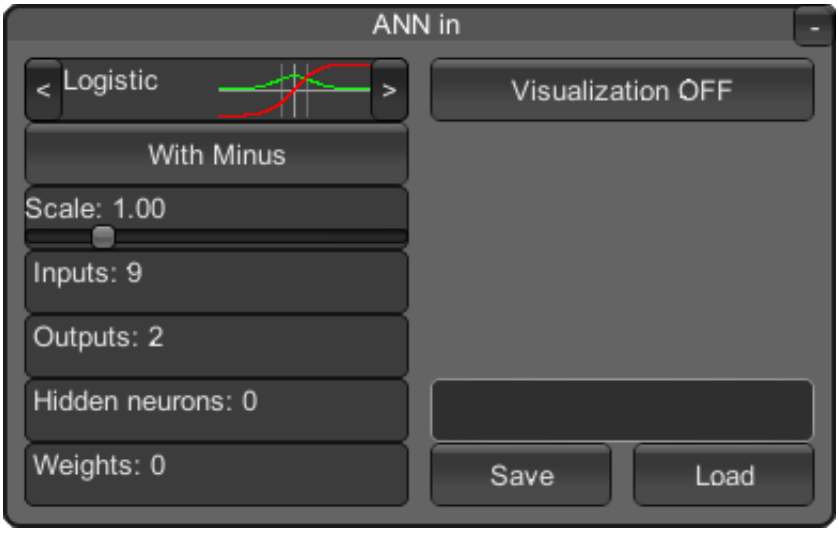
Weights from -0.5 to 0.5 Mod Weights	Модифікація вагових зв'язків персептрону перед навчанням. Якщо «Mod Weights», то вагові зв'язки модифікуються по спеціальному алгоритму. Якщо «Weights from -0.5 to 0.5», то всі вігові зв'язки генеруються випадково в діапазоні від -0,5 до 0,5. Керує командою public void ModificateStartWeights.
Samples one by one Shuffle samples	Перемішування зразків завдань та відповідей. Якщо «Shuffle samples», то зразки завдань та відповідей будуть перемішуватися при навчанні. Якщо «Samples one by one» - зразки будуть йти у заданому порядку. Керує параметром public bool ShuffleSamples.
Learning speed	Швидкість навчання. Вказує кількість кроків навчання за один кадр ігрового режиму. Керує параметром public int LearningSpeed.
Learning rate	Вказує силу зміни вагових зв'язків при навчанні. Впливає на швидкість та якість навчання. Керує параметром public float LearningRate.
Desired max error	Вказує якою має бути максимальна різниця між вірною відповіддю та відповіддю ШНМ серед усіх зразків завдань та відповідей. Керує параметром public float DesiredMaxError.
All outputs Errored outputs	Якщо «Errored outputs», то навчання методом зворотного поширення працює лише з вихідними нейронами помилка яких перевищує DesiredMaxError
Learn OFF Learn ON	Якщо «Learn ON», то починає навчання персептрону методом зворотного поширення помилки. Керує першим варіантом команди public void Learn.
Iteration	Показує кількість кроків навчання. Отримує данні з параметру public int LearnIteration.
Max error	Показує максимальну помилку відповіді вихідних нейронів серед усіх зразків відповідей. Отримує данні з параметру public float MaxError.

PerceptronRandomGenerationInterface.cs - це скрипт інтерфейсу для навчання персептрону методом випадкової генерації у ігровому режимі. Керує параметрами скрипту **PerceptronLernByRandomGeneration.cs**.



Learn OFF Learn ON	Якщо «Learn ON», то починає навчання персептрону методом випадкової генерації. Керує командою public void Learn. Якщо «Learn OFF» і проводилось навчання, то зупиняє навчання. Використовує команду public void StopLearn.
Best Generation	Показує номер кращого покоління на даний момент. Отримує данні з параметра public int BestGeneration.
Generation	Показує яке покоління на даний момент. Отримує данні з параметру public int Generation.
Children	Показує кількість «дітей» у поточному поколінні. Отримує данні з параметру public int ChildrenInGeneration.
Best longevity	Показує краще «довголіття» на даний момент. Отримує данні з параметру public float BestLongevity.
Chance coefficient	Коефіцієнт впливу на шанс випадковості вибору теперішнього гіршого покоління. Впливає при умові, що не дорівнює. Керує параметром public float ChanceCoefficient.
Chance	Показує шанс вибору поточне гірше покоління. Він змінюється з кожним новим поколінням. Отримує данні з параметру public float Chance.
GUI.TextField	Ім’я файлу для збереження або завантаження налаштування навчання.
Save / Load	Зберегти/завантажити налаштування навчання.
Children amount	Кількість «дітей» у кожному поколінні. Керує параметром public int AmountOfChildren.
Children difference	Різниця вагових зв’язків між поколіннями. Керує параметром public float ChildrenDifference.
Children gradient OFF Children gradient ON	Якщо «Children gradient ON», то лінійно згладжує різницю вагових зв’язків між «дітьми» у поколінні.
Generation effect	Зменшувальний коефіцієнт впливу на різницю вагових зв’язків між поколіннями. Впливає при умові, що не дорівнює нулю та теперішнє покоління було кращим за попереднє. Керує параметром public float GenerationEffect.
Splash effect coefficient	Збільшувальний коефіцієнт впливу на різницю вагових зв’язків між поколіннями. Впливає при умові, що не дорівнює нулю та теперішнє покоління було гіршим за попереднє. Керує параметром public float GenerationSplashEffect.
Children difference	Різниця вагових зв’язків між поколіннями з коефіцієнтами впливу. Отримує данні з параметру public float ChildrenDifferenceAfterEffects.
Maximum in one time By waves	Можливість навчання хвилями в поколінні. Постійна максимальна кількість або певною кількістю в одній хвилі.
Children in wave	Кількість «дітей» в одній хвилі.
Collision ON Collision OFF	Включити / виключити зіткнення між "дітьми".
Chance change sign	Шанс зміни знаку ваги на протилежний після впливу генерації на нього.
Autosave OFF Autosave ON	Включити / виключити авто збереження персептрону під час навчання.
Autosave step	Зберігати персептрон на кожному вказаному кроці.
GUI.TextField	Ім’я файлу для збереження або завантаження персептрону.

ANNInterface.cs - цей скрипт можна використовувати для полегшення створення, збереження та завантаження ШНМ під час періоду навчання. Це інтерфейс для ШНМ у ігровому режимі. Керує параметрами скрипту **ANN.cs**.



Функції активації	Вибір функції активації та її візуалізація («червоний» графік – функція активації, «зелений» - похідна цієї функції) для всіх нейронів у ШНМ.
Without Minus With Minus	Якщо «With Minus», то всі нейрони сприймають значення від -1 до 1. Це стосується також вхідних та вихідних нейронів. Якщо «Without Minus» - то від 0 до 1. Керує параметром public bool AFWM.
Scale	Розмір функції активації. Керує параметром public float AFS.
Inputs	Вказує кількість нейронів у вхідному шарі.
Outputs	Вказує кількість нейронів у вихідному шарі.
Hidden neurons	Загальна кількість прихованих нейронів.
Weights	Загальна кількість вагових зв'язків.
Visualization OFF Visualization ON	Якщо «Visualization ON» - демонструє вигляд ШНМ з заданими параметрами. Якщо «Visualization OFF» - не демонструє.
GUI.TextField	Ім'я файлу для збереження або завантаження ШНМ.
Save	Зберігає параметри та всі вагові зв'язки ШНМ у файл, якщо вказано ім'я файлу. Керує командою public void Save.
Load	Завантажує параметри та всі вагові зв'язки ШНМ з файлу, якщо вказано ім'я файлу. Керує командою public void Load.

ANNLearnByNEATInterface.cs - інтерфейс для навчання ШНМ методом нейроеволюції доповнюючих топологій. Керує параметрами скрипту **ANNLearnByNEAT.cs**.

ANNLearnByNEATInterface

Learn OFF Learn ON	Якщо «Learn ON», то починає навчання ШНМ. Керує командою public void Learn. Якщо «Learn OFF» і проводилось навчання, то зупиняє навчання. Використовує команду public void StopLearn.
Best Generation	Показує номер кращого покоління на даний момент. Отримує данні з параметра public int BestGeneration.
Generation	Показує яке покоління на даний момент. Отримує данні з параметру public int Generation.
Children	Показує кількість «дітей» у поточному поколінні. Отримує данні з параметру public int ChildrenInGeneration.
Best longevity	Показує краще «довголіття» на даний момент. Отримує данні з параметру public float BestLongevity.
Chance coefficient	Коефіцієнт впливу на шанс випадковості вибору теперішнього гіршого покоління. Впливає при умові, що не дорівнює 0. Керує параметром public float ChanceCoefficient.
Chance	Показує шанс вибору поточне гірше покоління. Він змінюється з кожним новим поколінням. Отримує данні з параметру public float Chance.
Children amount	Кількість «дітей» у кожному поколінні. Керує параметром public int AmountOfChildren.
Crossing OFF Crossing ON	Увімкнути / вимкнути "схрещування" двох найкращих «дітей». Керує параметром public bool Cross.
No weights Perceptron	Якщо показує "Perceptron", то в першому поколінні дітей всі вхідні нейрони будуть з'єднані з вихідними нейронами. Керує параметром public bool PerceptronStart.
Ratio add weight	Пропорція використання мутації "додати вагу". Керує параметром public float MutationAddWeight.
Ratio change 1 weight	Пропорція використання мутації "змінити одну вагу". Керує параметром public float MutationChangeOneWeight.
Ratio change weights	Пропорція використання мутації "змінити всі ваги". Керує параметром public float MutationChangeWeights.
Ratio add neuron	Пропорція використання мутації "додати нейрон". Керує параметром public float MutationAddNeuron.
Ratio change 1 bias	Пропорція використання мутації "змінити одне зміщення". Керує параметром public float MutationChangeOneBias.
Ratio change bias	Пропорція використання мутації "змінити всі зміщення". Керує параметром public float MutationChangeBias.
M	
Maximum in one time By waves	Можливість навчання хвилями в поколінні. Постійна максимальна кількість або певною кількістю в одній хвилі. Керує параметром public bool ChildrenByWave.
Children in wave	Кількість «дітей» в одній хвилі. Керує параметром public int ChildrenInWave.
Collision ON Collision OFF	Включити / виключити зіткнення між "дітьми". Керує параметром public bool IgnoreCollision.
Maximum count of weights	Максимальна кількість одночасного додавання зв'язків між нейронами у кожної "дитини". Керує параметром public int AddingWeightsCount.
Chance change sign	Шанс на зміну знаку вагового зв'язку. Керує параметром public float ChangeWeightSign
Children difference	Різниця вагових зв'язків між поколіннями. Керує параметром public float ChildrenDifference.
Autosave OFF Autosave ON	Включити / виключити авто збереження ШНМ під час навчання. Керує параметром public bool Autosave.
Autosave step	Зберігати ШНМ на кожному вказаному кроці. Керує параметром public int AutosaveStep.
GUI.TextField	Ім'я файлу для збереження або завантаження ШНМ.
A	
Hidden X Hidden Hidden ↔ Hidden	Якщо «true», ANN може отримати "ваги пам'яті" у прихованому шарі.
Hidden → Outputs Hidden ↔ Outputs	Якщо «true», ANN може отримати "ваги пам'яті" між прихованим ти вихідним шарами.
M-N in HL chance	Якщо «true», нейрони ANN можуть отримати "пам'ять" у прихованому шарі.
M-N in OL chance	Якщо «true», нейрони ANN можуть отримати "пам'ять" у вихідному шарі.
"Scroll list"	Список функцій активації для нових нейронів.

Як користуватися.

Для початку треба створити певне завдання яка має виконувати ШНМ. Треба пам’ятати, що ШНМ має отримувати певні вхідні данні, і треба їх правильно підготувати. ШНМ сприймає вхідні данні від 0 до 1, або від -1 до 1 (див. ст. 4 «public bool AFWM» для персепртону; див. ст. 7 «public bool AFWM» для ШНМ). Також треба визначитися в кількості вхідних даних.

Те саме стосується і вихідних даних. Отже їх треба вірно конвертувати для коректної відповіді на поставлене завдання.

Кількість прихованих шарів та нейронів для персептрону залежить від Вас, а для ANN – від навчання. Іноді бувають завдання де не має змісту використовувати прихований шар, а іноді навпаки - треба більше шарів та більше нейронів. В будь якому разі, їх кількість по різному впливає на якість та швидкість навчання ШНМ.

Далі треба вирішити яким методом навчати ШНМ. Якщо вже є підготовлені зразки завдань та відповідей, або завдання може вирішувати якийсь сторонній «вчитель», то можна використовувати метод зворотного поширення помилки (для персептрону). Якщо ж не має підготовлених зразків чи «вчителя» - можна використати метод випадкової генерації.

Для покращення розуміння, використання ШНМ, мною підготовлено декілька уроків.

Завдання «Місія - не здохнути».

Розглянемо вже підготовлене завдання: Є «корова» яка з часом хоче їсти. Є «їжа» яку «корова» може з’їсти. «Корова помре» якщо не буде «їсти», або «з’їсть» забагато. «Корова» може «їсти» тільки передом, інакше «помре». Треба навчити «корову» правильно та вчасно «їсти».

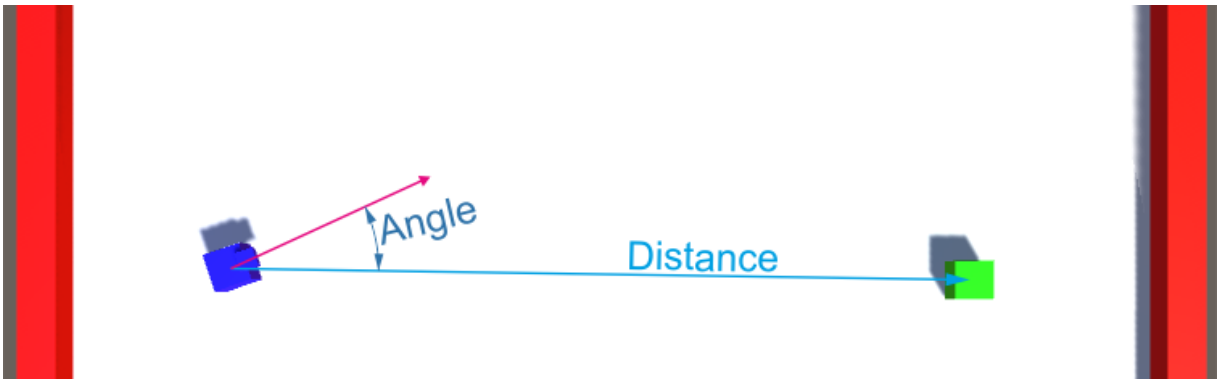
У папці «Tutorial» є вже заготовлені скрипти та сцена для завдання.

«Корова» отримує три значення:

1. Дистанція до «їжі». Діагональ рівня має біля 41.
2. Кут повороту зі знаком відносно переду «корови» до «їжі». Від -180 до 180.
3. «Ситість корови» яка зменшується з часом. 50 – максимальне значення для «виживання».

«Корова» керується двома значення:

1. Повернути до «їжі». Від -1 до 1.
2. Рухатися до / від «їжі». Від -1 до 1.



Також у «корови» є додаткові значення для отримання вище перерахованих.

Ось скрипт «корови» **TutorialCowControl.cs:**

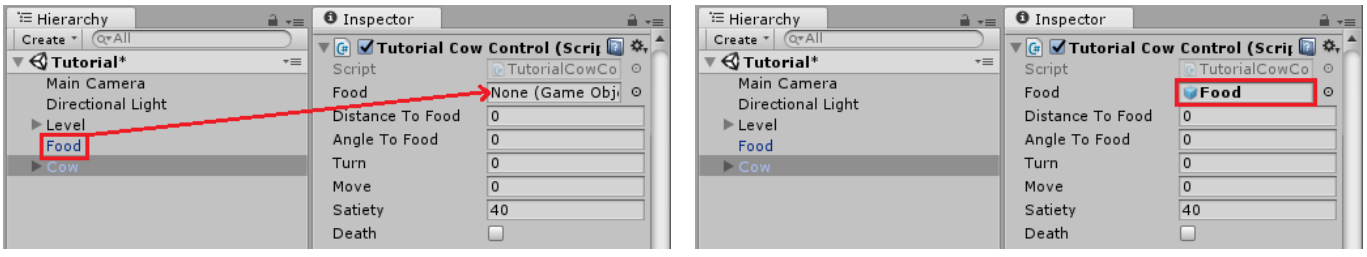
```
using UnityEngine;

public class TutorialCowControl : MonoBehaviour
{
    public GameObject Food;             //Food's GameObject
    public float DistanceToFood = 0;    //Distance to food
    public float AngleToFood = 0;       //Angle to food

    public float Turn = 0;              //Turn of cow
    public float Move = 0;              //Move of cow
    public float Satiety = 40;          //Satiety of cow
    public bool Death = false;          //If true - cow will die (reset position)

    public float LifeTime = 0;          //Lesson 3 & 4 !!!

    void Update()
    {
        //Max & min turn
        if (Turn > 1)
            Turn = 1;
        else if (Turn < -1)
            Turn = -1;

        //Max & min move
        if (Move > 1)
            Move = 1;
        else if (Move < -1F)
            Move = -1F;

        //Cow reset
        if (Death)
        {
            Satiety = 40;
            transform.position = new Vector3(0, 0.5F, 0);
            transform.eulerAngles = new Vector3(0, transform.eulerAngles.y, 0);
            Death = false;
        }

        //Controls of cow
        transform.Rotate(0, Turn * 10F, 0);
        transform.Translate(0, 0, Move / 10F);

        //Food info
        DistanceToFood = Vector3.Distance(transform.position, Food.transform.position);
        AngleToFood = Vector3.Angle(transform.forward, Food.transform.position - transform.position)
* Mathf.Sign(transform.InverseTransformPoint(Food.transform.position).x);

        //The satiety of the cow decreases with time
        Satiety -= Time.deltaTime;
        if (Satiety < 0 || Satiety > 50)
            Death = true;

        LifeTime += Time.deltaTime - (Mathf.Abs(AngleToFood) / 180F) * Time.deltaTime;
//Lesson 3 & 4!!!
    }
}
```

«Їжа» впливає на «корову» при дотику. Якщо «корова» вірно «з'їсть їжу» (кут повороту не перевищує 5 градусів), то збільшує «ситість» (+15), а «їжа» міняє місце положення. Інакше «помре».

Ось скрипт «їжі» **TutorialFood.cs:**

```
using UnityEngine;

public class TutorialFood : MonoBehaviour
{
    private bool Moving = false;

    void Start ()
    {
        MoveFood();         //Move food
    }

    void Update()
    {
        if (Moving)
            Moving = false;
    }

    void OnCollisionEnter(Collision col)
    {
        TutorialCowControl TPC = col.gameObject.GetComponent<TutorialCowControl>();
        if (TPC != null && !Moving)        {
            //The cow must eat at a certain angle
            if (Mathf.Abs(TPC.AngleToFood) > 5)
                TPC.Death = true;
            else
            {
                TPC.Satiety += 15;
                MoveFood();
            }
        }
    }

    //Move food
    void MoveFood()
    {
        //Random position
        transform.position = new Vector3(Random.Range(-14F, 14F), 0.5F, Random.Range(-14F, 14F));
        Moving = true;
    }
}
```

Не забутьте вказати «корові» де «їжа»:



Керування «коровою» є, «їжа» є. А тепер треба створити «корові мозок».

Як створити персептрон.

Щоб створити персептрон треба створити MonoBehaviour скрипт та вписати в нього:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class NameOfScript : MonoBehaviour
{
    public Perceptron PerceptronName = new Perceptron();
    . . .
    void Start()
    {
        PerceptronName.CreatePerceptron(1, false, true, 3, null, 2);
        . . .
    }

    void Update()
    {
        . . .
        PerceptronName.Input[0] = . . . ;
        PerceptronName.Input[1] = . . . ;
        . . .
        PerceptronName.Solution();
        . . .
        . . . = PerceptronName.Output[0];
        . . . = PerceptronName.Output[1];
        . . .
    }
    . . .
}
```

Пояснення дивіться на сторінці 4.

Перед PerceptronName.Solution() треба ввести конвертовані вхідні данні у вхідні нейрони.

Після PerceptronName.Solution() – вивести вихідні данні вихідних нейронів та конвертувати їх.

Для завдання «Місія - не здохнути» створимо мозок «корови» у файлі під назвою **TutorialCowPerceptron.cs**. Його додайте до об’єкту «корови».

У «корови» є три основних значення які вона має сприймати та два значення керування (див. ст. 15). Отже потрібен персептрон з трьома вхідними та двома вихідними нейронами. Щоб менше гратися з конвертацією значень створимо персептрон «з мінусом» (див. ст. 4, bool ActivationFunctionWithMinus). А вже кількість прихованих шарів та нейронів в них буде залежить від Вас та навчання ШНМ (раджу просто пробувати міняти кількість прихованих шарів, кількість нейронів в них та дивитися на результат). Але в прикладі вони будуть вказані.

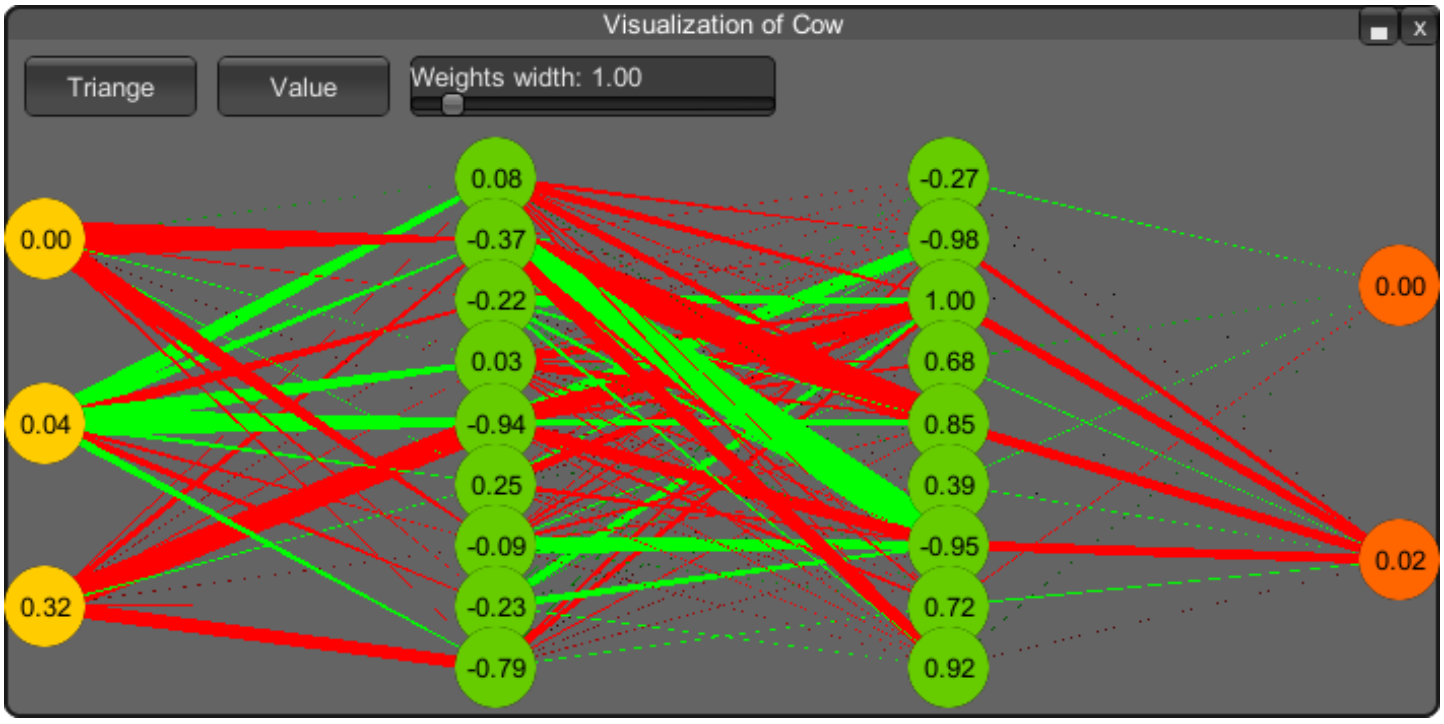
А на останок додаймо інтерфейс персептрону для зручності зміни параметрів у ігровому режимі.

Не забуваємо, що для подачі даних персептрону у вхідний шар потрібно ці данні конвертувати так щоб вони вірно сприймалися ШНМ. А вихідні значення конвертувати так щоб отримувати потрібні дані.

Ось скрипт «мозку корови» **TutorialCowPerceptron.cs:**

```
using UnityEngine;

public class TutorialCowPerceptron : MonoBehaviour
{
    private TutorialCowControl THC;             //Cow control
    public Perceptron PCT = new Perceptron();   //Perceptron
    private PerceptronInterface PI;             //Perceptron interface

    void Start()
    {
        //Find cow control
        THC = gameObject.GetComponent<TutorialCowControl>();

        //Hiden layers and neurons
        int[] Layers = new int[2];
        Layers[0] = 9;
        Layers[1] = 9;

        //Create perceptron
        PCT.CreatePerceptron(1, false, true, 3, Layers, 2);

        //Add perceptron interface to game object & add perceptron to interface
        PI = gameObject.AddComponent<PerceptronInterface>();
        PI.PCT = PCT;
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        //Convert vaule
        PCT.Input[0] = THC.AngleToFood / 180F;      //Work with angles. Min vaule = -180, max vaule = 180
        PCT.Input[1] = THC.DistanceToFood / 41F;    //Work with distance. Max vaule = 41
        PCT.Input[2] = THC.Satiety / 50F;           //Work with satiety. Min vaule = 0, max vaule = 50
        PCT.Solution();                             //Perceptron solution

        //For this tutorial not need to convert vaule
        THC.Turn = PCT.Output[0];
        THC.Move = PCT.Output[1];
    }
}
```

А ось як «мозок» буде виглядати по заданим параметрам зі скрипту вище:



Урок №1. Навчання вибіркою завдань та відповідей.

Для навчання персептрону вирішувати завдання «Місія - не здохнути» (див. ст. 15) потрібна вибірка завдань. Можна довго сидіти і створювати цю вибірку самому, а можна просто зробити генератор. Знаючи, що «корова» помре коли «ситість» буде менша за 0 або більша за 50, а їжа дає +15 до «ситості» - треба вказати, що «їсти» при «ситості» більше 35 «корові» не можна. Також їй не можна «їсти» якщо кут повороту передньої частини «корови» до їжі більше за 5 градусів.

Можна зробити певний висновок:

При будь яких умовах «корова» має зміст розвертатися до «їжі». Якщо «корова» далеко від «їжі», то є зміст їй рухатися до «їжі» до певної дистанції, а потім зачекати певного рівня «ситості», при умові, що вона не достатньо «голодна». Коли вона «зголодніла» - накинутися на «їжу», коли дивиться на неї.

Таке згодиться:

```
Turn = AngleToFood / 180F;
Move = 0F;
if (DistanceToFood > 3.5F && Mathf.Abs(AngleToFood) < 45)
    Move = 1F;
else if (Satiety < 25 && Mathf.Abs(AngleToFood) < 5)
    Move = 1F;
```

Створимо скрипт **TutorialCowPerceptron.cs** (див. ст. 16) і додаймо його до «корови».

Створимо скрипт **CowLearning.cs** і додаємо його до «корови».

```
using UnityEngine;

public class CowLearning : MonoBehaviour
{
    void Start ()
    {
        . . .
```

Потрібно створити вибірку завдань та відповідей (чим більше, тим краще. Але будьте обережні – вся вибірка при навчанні проходить за один кадр ігрового режиму). Створимо два двомірних масиви. Перший вимір для номеру завдання/відповіді, другий - для кожного нейрону вхідного/вихідного шару.

Варіант 1. Це може бути випадковий генератор завдань/відповідей на основі попередніх висновків (не забуваємо конвертувати завдання/відповіді):

```
. . .
float[][] Answers = new float[50][];
float[][] Tasks = new float[50][];
int i = 0;
while (i < Answers.Length)
{
    Tasks[i] = new float[3];
    if (i % 3 == 0)
    {
        Tasks[i][0] = Random.Range(-180F, 180F) / 180F;
        Tasks[i][1] = Random.Range(0F, 41F) / 41F;
        Tasks[i][2] = Random.Range(0F, 50F) / 50F;
    }
    else
    {
        Tasks[i][0] = Random.Range(-5F, 5F) / 180F;
        Tasks[i][1] = Random.Range(0F, 4F) / 41F;
        Tasks[i][2] = Random.Range(0F, 40F) / 50F;
    }
    Answers[i] = new float[2];
    Answers[i][0] = Tasks[i][0];
    Answers[i][1] = 0;
    if (Tasks[i][1] > 3.5F / 41F && Mathf.Abs(Tasks[i][0]) < 45F / 180F)
        Answers[i][1] = 1;
    else if (Tasks[i][2] < 25F / 50F && Mathf.Abs(Tasks[i][0]) < 2.5F / 180F)
        Answers[i][1] = 1;
    i++;
}
. . .
```

Варіант 2. Це може бути упорядкований генератор завдань/відповідей на основі попередніх висновків (не забуваємо конвертувати завдання/відповіді):

```
. . .
int i = 0;
int c = -1;
int p = -1;
int a = 9;  //number of angular variations
int d = 4;  //number of distance variations
int s = 4;  //number of variations of hunger
float[][] Answers = new float[a * d * s][];
float[][] Tasks = new float[a * d * s][];
while (i < Answers.Length)
{
    if (i % (a * s) == 0)
        c++;
    if (i % a == 0)
        p++;
    Tasks[i] = new float[3];
    Tasks[i][0] = ((-90F + 180F / (a - 1) * (i % a)) / (c + p + 1)) / 180F;
    Tasks[i][1] = ((41F - 41F / d * (c % d)) / (c + 1)) / 41F;
    Tasks[i][2] = (50F - 50F / s * (p % s)) / 50F;
    Answers[i] = new float[2];
    Answers[i][0] = Tasks[i][0];
    Answers[i][1] = 0;
    if (Tasks[i][1] > 3.5F / 41F && Mathf.Abs(Tasks[i][0]) < 45F / 180F)
        Answers[i][1] = 1;
    if (Tasks[i][2] < 25F / 50F && Mathf.Abs(Tasks[i][0]) < 2.5F / 180F)
        Answers[i][1] = 1;
    i++;
}
. . .
```

Також для, зручності, додаймо інтерфейс навчання методом зворотного поширення помилки:

```
        . . .
        PerceptronBackPropagationInterface PLBBPI =
gameObject.AddComponent<PerceptronBackPropagationInterface>();
        . . .
```

Створені масиви завдань/відповідей заносимо до інтерфейсу навчання:

```
        . . .
        PLBBPI.Task = Tasks;
        PLBBPI.Answer = Answers;
        . . .
```

Вказуємо інтерфейсу «мозок» (персептрон):

```
        . . .
        PLBBPI.PCT = gameObject.GetComponent<TutorialCowPerceptron>().PCT;
    }
}
```

Тепер можна запускати ігровий режим. При бажанні або потребі настроїти персептрон як захочеться (тільки для донної вправи не міняйте Enters та не використовуйте Without Minus (див. ст. 10), без зміни конвертування змінних у персептроні та його навчанні) та змінити настройки навчання (не дуже грайтеся з Learning speed, при великих об’ємах вибірки завдання/відповіді може почати «підвисати». Раджу залишати = 1). Натискаємо на Learn OFF (див. ст. 11).

Тепер Ваш персептрон буде навчатися. Процес навчання буде рахуватися закінченим коли Max error буде меншим за Desired max error (див. ст. 11).

Іноді Max error буде більшим за Desired max error навіть після тривалого навчання. Зазвичай це обумовлено тим, що не правильно конвертовані вхідні/вихідні значення, або сама вибірка містить помилки/неточності, або недостатньо прихованих шарів (або нейронів у в них). Тут вже треба шукати помилки та виправляти їх, або пробувати змінювати приховані шари.

Зберегти персептрон, а потім завантажити його ви зможете завдяки інтерфейсу персептрону (див. ст. 10).

Урок №2. Навчання з «викладачем».

Тут все дуже схоже на урок №1, але замість вибірки треба створити «викладача». Для цього використаємо алгоритм з попереднього уроку:

```
Turn = AngleToFood / 180F;
Move = 0F;
if (DistanceToFood > 3.5F && Mathf.Abs(AngleToFood) < 90)
    Move = 1F;
else if (Satiety< 35 && Mathf.Abs(AngleToFood) < 5)
    Move = 1F;
```

Створимо скрипт **CowLearning.cs** (або переписуємо його якщо проходили урок №1) і додаємо його до «корови»:

```
using UnityEngine;

public class CowLearning : MonoBehaviour
{
    . . .
```

«Викладачу» потрібен буде доступ до змінних «корови»:

```
    . . .
    private TutorialCowControl TCC;
    . . .
```

«Викладач» буде давати тільки одну вибірку відповідей. Адже завдання буде йти від керування «корови». Створюємо двомірний масив вибірки відповідей. Перший вимір буде = 1 (лише одна вибірка), другий - для кожного нейрону вихідного шару.

```
    . . .
    public float[][] Answer = new float[1][];
    . . .
```

Також для, зручності, додаємо інтерфейс навчання методом зворотного поширення помилки.

```
    . . .
    private PerceptronBackPropagationInterface PLBBPI;
    void Start ()
    {
        PLBBPI = gameObject.AddComponent<PerceptronBackPropagationInterface>();
        . . .
```

Отримуємо доступ до змінних «корови» та вказуємо розмір масиву вибірки у другому вимірі:

```
        . . .
        TCC = gameObject.GetComponent<TutorialCowControl>();
        Answer[0] = new float[2];
        . . .
```

Вказуємо інтерфейсу «мозок» (персептрон):

```
        . . .
        PLBBPI.PCT = gameObject.GetComponent<TutorialCowPerceptron>().PCT;
    }
    . . .
```

Нехай «вчитель» працює лише тоді, коли увімкнено навчання у інтерфейсі:

```
    . . .
    void Update()
    {
        if (PLBBPI.Learn)
        {
        . . .
```

Тепер «вчитель» вказуватиме «мозку», що вчити:

```
        . . .
            Answer[0][0] = TCC.AngleToFood / 180F;

            if (TCC.DistanceToFood > 3.5F && Mathf.Abs(TCC.AngleToFood) < 90)
                Answer[0][1] = 1;
            else if (TCC.Satiety < 35 && TCC.DistanceToFood > 0 && Mathf.Abs(TCC.AngleToFood) < 5)
                Answer[0][1] = 1;
            else if (TCC.Move > 0)
                Answer[0][1] = 0;

            PLBBPI.Answer = Answer;
        }
    }
}
```

Тепер можна запускати ігровий режим. При бажанні або потребі настроїти персептрон як захочеться (тільки для донної вправи не міняйте Enters та не використовуйте Without Minus (див. ст. 10), без зміни конвертування змінних у персептроні та його навчанні) та змінити настройки навчання (Learning speed, та Desired max error не будуть впливати на навчання).

Натискаємо на Learn OFF (див. ст. 11).

Рекомендація: Використовуйте низькі значення Learning rate (0.01 - 0.1).

Тепер Ваш персептрон буде навчатися. Але процес навчання може виявитися досить тривалим. Коли навчання закінчено будете вирішувати лише ви, або можете додати параметр який буде вказувати при яких умовах персептрон навчений (наприклад: час життя, довжина пройденої дистанції, або кількість виконаних дій і т.п.).

Зберегти налаштування персептрону, а потім завантажити їх ви зможете завдяки інтерфейсу персептрону (див. ст. 10).

Урок №3. Навчання методом випадкової генерації.

Для цього уроку знадобиться ввести «довголіття» до скрипту «корови» (див. ст. 16)

```
using UnityEngine;

public class TutorialCowControl : MonoBehaviour
{
    . . .
    public float LifeTime = 0;
    . . .
```

Це обумовлено тим, що при навчанні методом випадкової генерації треба відслідковувати кращого «клона» у поколінні.

Крім того, бажано збільшувати «довголіття» при виконанні вірних дій, або/та зменшувати «довголіття» при виконанні не вірних дій.

Нехай «довголіття» збільшується з часом. І нехай зменшується «довголіття» коли «корова» невірно дивиться на «їжу».

```
    . . .
    void Update()
    {
        . . .
        LifeTime += Time.deltaTime - (Mathf.Abs(AngleToFood) / 180F) * Time.deltaTime;
    }
}
```

Також будемо скидати «довголіття» коли «корова помирає».

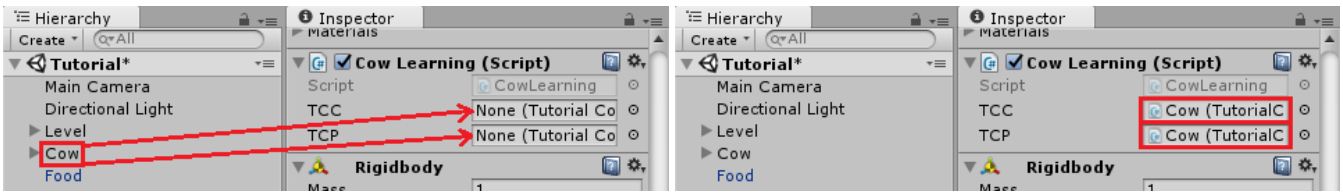
```
    . . .
    void Update()
    {
        . . .
        if (Death)
        {
            . . .
            LifeTime = 0;
        }
        . . .
```

Створимо скрипт **CowLearning.cs** (або переписуємо його якщо проходили урок №1 або урок №2) і додаємо його до будь-якого об’єкту:

```
using UnityEngine;

public class CowLearning : MonoBehaviour
{
    . . .
```

Далі треба вказати скрипти керування «корови» та «мозок корови»:

```
    . . .
    public TutorialCowControl TCC;
    public TutorialCowPerceptron TCP;
    . . .
```



Додаємо інтерфейс методу випадкової генерації:

```
    . . .
    private PerceptronRandomGenerationInterface PRGI;

    void Start()
    {
        PRGI = gameObject.AddComponent<PerceptronRandomGenerationInterface>();
        . . .
```

Вкажемо інтерфейсу персептрон який треба навчити:

```
        . . .
        PRGI.PCT = TCP.PCT;
        . . .
```

Та додаємо до методу випадкової генерації потрібну інформацію щодо «корови»:

```
        . . .
        PRGI.PLBRG.StudentData(TCP.gameObject, TCP, "PCT", TCC, "Death", "LifeTime");
    }
}
```

Пояснення дивіться на сторінці 6.

Також, для більш ефективного навчання додаємо до **TutorialFood.cs** бонуси для «дітей», коли вони вірно «з'їдять їжу»:

```
. . .
    void OnCollisionEnter(Collision col)
    {
        . . .
        if (TCC != null && !Moving)
        {
            . . .
            else
            {
                . . .
                TCC.LifeTime += 15;
            }
        }
    }
. . .
```

Тепер можна запускати ігровий режим. При бажанні або потребі настроїти персептрон як захочеться (тільки для донної вправи не міняйте Enters та не використовуйте Without Minus (див. ст. 10), без зміни конвертування змінних у персептроні та його навчанні) та змінити настройки навчання (див. ст. 12). Натискаємо на Learn OFF (див. ст. 12).

Тепер Ваш персептрон буде навчатися. Ефект навчання зазвичай видно вже з перших поколінь. Але процес навчання може виявитися досить тривалим. Процес навчання можна рахувати завершеним, коли є суттєва різниця між Best Generation та Generation (див. ст. 12). Щоб зупинити процес навчання, та передати вагові зв'язки навчання до персептрону який навчається натисніть Learn ON.

Пограйтеся з налаштуванням для кращого розуміння інтерфейсу методу випадкової генерації.

Зберегти налаштування персептрону, а потім завантажити їх ви зможете завдяки інтерфейсу персептрону (див. ст. 10).

Як зберегти та завантажити налаштування персептрону.

Як створити персептрон ми вже розглядали (див. ст. 18). Як зберегти/завантажити налаштування та вагові зв'язки за допомогою інтерфейсу дивіться на сторінці 10. А от як зберегти та завантажити його налаштування та вагові зв'язки у скриптах розглянемо далі.

Щоб зберегти налаштування та вагові зв'язки персептрону використовуйте команду:

```
. . .
PerceptronName.Save("SaveName");
. . .
```

Де SaveName – ім'я файлу для збереження.

Файл налаштування та вагові зв'язків буде збережено за адресою:

```
Application.dataPath + "/ANN/PerceptronStatic/" + PerceptronFile + ".ann"
```

PerceptronFile - ім'я файлу для збереження/завантаження (див. ст. 4).

Щоб завантажити налаштування та вагові зв'язки персептрону замість використання команди «PerceptronName.CreatePerceptron(…)» використовуйте команду «PerceptronName.Load("LoadName");»:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class NameOfScript : MonoBehaviour
{
    public Perceptron PerceptronName = new Perceptron();
    . . .
    void Start()
    {
        PerceptronName.Load("LoadName");
        . . .
```

Де LoadName – ім'я файлу для завантаження.

Як створити ШНМ.

Щоб створити ШНМ треба створити MonoBehaviour скрипт та вписати в нього:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class NameOfScript : MonoBehaviour
{
    public ANN AnnName = new ANN();
    . . .
    void Start()
    {
        AnnName.Create(3, 2);
        . . .
    }

    void Update()
    {
        . . .
        AnnName.Input[0] = . . . ;
        AnnName.Input[1] = . . . ;
        . . .
        AnnName.Solution();
        . . .
        . . . = AnnName.Output[0];
        . . . = AnnName.Output[1];
        . . .
    }
    . . .
}
```

Пояснення дивіться на сторінці 4.

Перед AnnName.Solution() треба ввести конвертовані вхідні данні у вхідні нейрони.

Після AnnName.Solution() – вивести вихідні данні вихідних нейронів та конвертувати їх.

Для завдання «Місія - не здохнути» створимо мозок «корови» у файлі під назвою **Lesson4TutorialCow.cs**. Його додайте до об’єкту «корови».

У «корови» є три основних значення які вона має сприймати та два значення керування (див. ст. 15). Отже потрібна ШНМ з трьома вхідними та двома вихідними нейронами. Щоб менше гратися з конвертацією значень створимо ШНМ «з мінусом» (див. ст. 4, bool AFWM). А вже кількість прихованих нейронів та зв’язків між ними буде залежить від навчання ШНМ.

А на останок додаємо інтерфейс ШНМ для зручності зміни параметрів у ігровому режимі.

Не забуваємо, що для подачі даних ШНМ у вхідний шар потрібно ці данні конвертувати так щоб вони вірно сприймалися ШНМ. А вихідні значення конвертувати так щоб отримувати потрібні дані.

Ось скрипт «мозку корови» **Lesson4TutorialCow.cs:**

```
using UnityEngine;
public class Lesson4TutorialCow : MonoBehaviour
{
    private TutorialCowControl THC;     //Cow control
    public ANN Ann = new ANN();         //ANN
    private ANNInterface NI;            //ANN interface

    void Start()
    {
        //Find cow control
        THC = gameObject.GetComponent<TutorialCowControl>();

        //Create ANN
        Ann.Create(3, 2);

        //Add ANN interface to game object & add ANN to interface
        NI = gameObject.AddComponent<ANNInterface>();
        NI.Ann = Ann;
    }

    void Update()
    {
        //Convert vaule
        Ann.Input[0] = THC.AngleToFood / 180F;      //Work with angles. Min vaule = -180, max vaule = 180
        Ann.Input[1] = THC.DistanceToFood / 41F;    //Work with distance. Max vaule = 41
        Ann.Input[2] = THC.Satiety / 50F;           //Work with satiety. Min vaule = 0, max vaule = 50
        Ann.Solution();                             //ANN solution
        //For this tutorial not need to convert vaule
        THC.Turn = Ann.Output[0];
        THC.Move = Ann.Output[1];
    }
}
```

А ось як «мозок» буде виглядати по заданим параметрам зі скрипту вище:

І ТАК - тут пусто.

Урок №4. Навчання за допомогою NEAT.

Для цього уроку знадобиться ввести «довголіття» до скрипту «корови» (див. ст. 16)

```
using UnityEngine;

public class TutorialCowControl : MonoBehaviour
{
    . . .
    public float LifeTime = 0;
    . . .
```

Це обумовлено тим, що при навчанні треба відслідковувати кращого «клона» у поколінні.

Крім того, бажано збільшувати «довголіття» при виконанні вірних дій, або/та зменшувати «довголіття» при виконанні не вірних дій.

Нехай «довголіття» збільшується з часом. І нехай зменшується «довголіття» коли «корова» невірно дивиться на «їжу».

```
    . . .
    void Update()
    {
        . . .
        LifeTime += Time.deltaTime - (Mathf.Abs(AngleToFood) / 180F) * Time.deltaTime;
    }
}
```

Також будемо скидати «довголіття» коли «корова помирає». Це не є обов'язковою дією (скрипт навчання сам анулює «довголіття»).

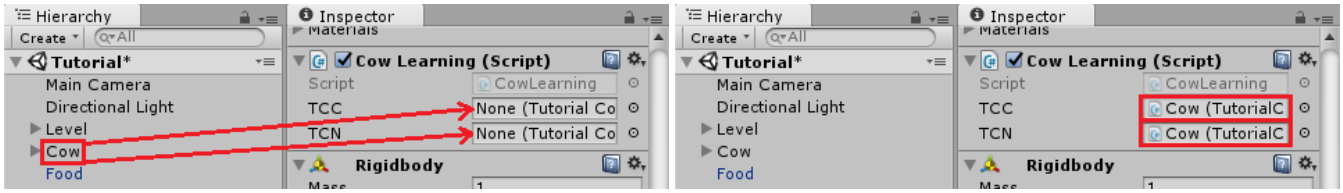
```
    . . .
    void Update()
    {
        . . .
        if (Death)
        {
            . . .
            LifeTime = 0;
        }
        . . .
```

Створимо скрипт **Lesson4CowLearning.cs** і додаємо його до будь-якого об'єкту:

```
using UnityEngine;

public class Lesson4CowLearning: MonoBehaviour
{
    . . .
```

Далі треба вказати скрипти керування «корови» та «мозок корови»:

```
    . . .
    public TutorialCowControl TCC;
    public Lesson4TutorialCow TCN;
    . . .
```



Додаємо інтерфейс навчання:

```
    . . .
    private ANNLearnByNEATInterface NLI;

    void Start()
    {
        NLI = gameObject.AddComponent< ANNLearnByNEATInterface >();
        . . .
```

Вкажемо інтерфейсу ШНМ яку треба навчити:

```
        . . .
        NLI.PCT = TCP. Ann;
        . . .
```

Та додаємо до методу випадкової генерації потрібну інформацію щодо «корови»:

```
        . . .
        NLI. NL.StudentData(TCP.gameObject, TCP, "Ann", TCC, "Death", "LifeTime");
    }
}
```

Пояснення дивіться на сторінці 9.

Також, для більш ефективного навчання додаємо до **TutorialFood.cs** бонуси для «дітей», коли вони вірно «з'їдять їжу»:

```
. . .
    void OnCollisionEnter(Collision col)
    {
        . . .
        if (TCC != null && !Moving)
        {
            . . .
            else
            {
                . . .
                TCC.LifeTime += 15;
            }
        }
    }
. . .
```

Тепер можна запускати ігровий режим. Не використовуйте Without Minus (див. ст. 13) для даного уроку. Змінюйте настройки навчання по бажанню (див. ст. 14). Натискаємо на Learn OFF (див. ст. 14).

Тепер Ваша ШНМ буде навчатися. Ефект навчання зазвичай видно вже з перших поколінь. Але процес навчання може виявитися досить тривалим. Процес навчання можна рахувати завершеним, коли є суттєва різниця між Best Generation та Generation (див. ст. 14). Щоб зупинити процес навчання, та передати вагові зв'язки навчання до ШНМ який навчається натисніть Learn ON. Зберегти налаштування ШНМ, а потім завантажити їх ви зможете завдяки інтерфейсу ШНМ (див. ст. 13).

Як зберегти та завантажити налаштування ШНМ.

Як створити ШНМ ми вже розглядали (див. ст. 28). Як зберегти/завантажити налаштування та вагові зв'язки за допомогою інтерфейсу дивіться на сторінці 13. А от як зберегти та завантажити налаштування та вагові зв'язки у скриптах розглянемо далі.

Щоб зберегти налаштування та вагові зв'язки ШНМ використовуйте команду:

```
. . .
AnnName.Save("SaveName");
. . .
```

Де SaveName – ім'я файлу для збереження.

Файл налаштуваня та вагови зв'язків буде збережено за адресою:

```
Application.dataPath + "/ANN/ANN/" + ANNFile + ".ann"
```

ANNFile - ім'я файлу для збереження/завантаження (див. ст. 7).

Щоб завантажити налаштування та вагові зв'язки ШНМ замість використання команди «AnnName.Create (…)» використовуйте команду «AnnName.Load("LoadName");»:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class NameOfScript : MonoBehaviour
{
    public Perceptron AnnName = new Perceptron();
    . . .
    void Start()
    {
        AnnName.Load("LoadName");
        . . .
```

Де LoadName – ім'я файлу для завантаження.

Заключне слово.

Сподіваюся, що Вам сподобається моя робота. Я намагався якомога полегшити завдання створення, навчання, збереження та завантаження налаштувань ШНМ та її вагових зв'язків.

Якщо у Вас виникнуть питання, або з'являться пропозицій щодо поліпшення даної роботи – пишіть на VirtualSUN13@gmail.com. З радістю відповім.

Особлива подяка Леониду Терешонкову за моральну підтримку та Юлі Павлович за допомогу у перекладі на англійську мову. ☺

PS: І не забувайте лишати свої відгуки про проект (http://u3d.as/1rPi). Буду Вам дуже вдячний.

Контакти.

YouTube: https://www.youtube.com/channel/UClblqhEzoATg-Jvk0AviVlw

Unity Connect: https://connect.unity.com/u/sergey-voroshilov-vladimirovich

Twitter: https://twitter.com/sun_virtual

Instagram: https://www.instagram.com/virtualsun13/

Facebook group: https://www.facebook.com/groups/VirtualSTAR/

Facebook page: https://www.facebook.com/VirtualSTAR13/

Forum: https://forum.unity.com/threads/ann-tools.558868/

E-mail: VirtualSUN13@gmail.com