

RETO 4: Movimientos de los lobos grises en Canadá

Objetivo

Poner en práctica los conceptos aprendidos en clase acerca de las estructuras de datos módulo No. 4 sobre el ADT Graph de tipo dirigido y no-dirigido.

Específicamente se desea:

1. **Utilizar** grafos como estructura de datos principal para resolver consultas y requerimientos.
2. **Integrar** el uso de las estructuras lineales (tablas de hash, Lista, pilas, colas y arboles) a los grafos dirigidos y no dirigido.
3. **Utilizar** adecuadamente el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador).
4. **Aprender** a cargar y procesar en memoria datos en formato CSV.
5. **Utilizar** adecuadamente el administrador de versiones GIT y GitHub.
6. **Aprender** a trabajar en equipo

Fecha Límite de Entrega

Máxima fecha de entrega para el martes 30 de mayo antes de la media noche (11:59 p.m. hora BrightSpace).

Actualizaciones

A continuación, encontrará un listado de todas las actualizaciones realizadas sobre el enunciado para claridad de los requerimientos y objetivos del Reto.

1. Se **actualizó** los subconjuntos (subsamples) de prueba en la sección unificada de **Bloque Neón** para evitar errores en las pruebas de rendimiento.
2. Se **actualizó** la regla para aproximar cifras significativas en los puntos GPS y distancias a **tres cifras decimales**.
3. Se **agregó** la regla para crear identificadores únicos de los individuos basado en la unión de diferentes identificadores presentes en los datos.
4. Se **agregó** la regla para que los **puntos de encuentro** solo existan cuando dos o más lobos compartan este lugar sin importar su tiempo.
5. Se **agregaron** los ejemplos funcionales para la carga de datos con el subconjunto de datos -small.
6. Se **agregaron** los ejemplos funcionales para los requerimientos del 1 al 7 con el subconjunto de datos -small.
7. Se **modificó** la respuesta esperada de los requerimientos 5, 6 y 7 para facilitar su comprensión e implementación.

Contexto

Actualmente el cambio climático y la pérdida de hábitats naturales es un gran problema para las naciones¹. En aras de la coexistencia y conservación de las especies muchos zoólogos y biólogos han lanzado proyectos de monitoreo animal para entender mejor su comportamiento y así mejorar las políticas y normativas para su conservación.

En los ecosistemas boscosos del nororiente de Alberta Canadá se realizó un proyecto entre 2013 y 2014 de monitoreo de 17 lobos grises (*Canis lupus* y de ahora en adelante referidos como lobos), cubriendo un área de alrededor de 8759 km². Este monitoreo GPS permitió a los investigadores entender el impacto de las nevadas en el comportamiento de los lobos. Los resultados sugieren que ante fuertes nevadas (más de 10 cm de nieve) los lobos reducen su movilidad promedio que este alrededor de los 13.14 km/día hasta 10.06 km/día con una variación de ± 8.92 km/día; además, las manadas solo empiezan a recuperar su movilidad después de por lo menos dos días, donde se observa una movilidad promedio de 11.3 km/día. Estos cambios en su movilidad afectan directamente su efectividad en la caza, ya que estos animales invierten más de 20 horas para cazar un venado y en promedio, 48 horas (2 días) para cazar un alce².

Estos son hallazgos importantes al momento de entender el comportamiento de los lobos sujetos a climas extremos producto de cambio climático y como estos cambios pueden llevarlos a cambiar sus áreas de caza y llevarlos al contacto directo con asentamientos humanos.

Este proyecto toma como base los datos recopilados por el estudio de los investigadores Amanda Droghini y Stan Boutin del departamento de ciencias biológicas de la universidad de Alberta en Edmonton, Canadá, publicado en el artículo **"The calm during the storm: Snowfall events decrease the movement rates of grey wolves (*Canis lupus*)"** en 2018 como fuente de datos básica para el reto del último módulo del curso.

Carga de Datos

Los datos para este reto fueron tomados del repositorio Movebank **"Study - Boutin Alberta Grey Wolf"**³, que contiene la información recolectada por Amanda Droghini y Stan Boutin en su estudio de lobos grises en el ecosistema dentro de la región arenosa petrolífera de Athabasca (Athabasca Oil Sands Region – AOSR) el cual contiene información de 46 lobos y 239194 datos de telemetría GPS registrados entre febrero de 2012 y septiembre de 2014.

La fuente original de datos contiene dos tablas que identifican los eventos registrados de telemetría GPS y los individuos (lobos) involucrados en el estudio. En la Tabla 1 puede verse el resumen de los campos de información para los eventos de telemetría GPS. En donde se incluyen propiedades cruciales como: el identificador de la transmisión, el tiempo en que se registró la posición, la longitud y latitud del evento, la temperatura, la altura, el collar que transmitió la telemetría y el individuo al que estaba adherido.

Adicionalmente se cuenta con un segundo archivo que describe los individuos involucrados en el estudio, En la Tabla 2 puede verse el resumen de los campos más importantes que incluye propiedades como: <

¹ Objetivos de Desarrollo sostenible, ONU, (15: biodiversidad), URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/biodiversity/>

² Artículo original titulado "The calm during the storm: Snowfall events decrease the movement rates of grey wolves (*Canis lupus*)", publicado el 31 de octubre de 2018, URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0205742>

³ Boutin Alberta Grey Wolf, URL: https://www.movebank.org/cms/webapp?gwt_fragment=page=studies,path=study492444603

identificador del collar GPS utilizado, el identificador del individuo, la taxonomía a la que pertenece el animal, el estado de crecimiento del individuo, el sexo, fecha de inicio y final de registro telemétrico, nombre de la manada a la que pertenece el lobo, productor del collar, frecuencia de transmisión de datos, entre otros.

Nombre	Descripción
event-id	Identificador único del evento de telemetría GPS.
timestamp	Fecha y Tiempo de registro del evento de telemetría (formato "%Y-%m-%d %H:%M").
location-long	Longitud GPS registrada.
location-lat	Latitud GPS registrada.
external-temperature	Temperatura GPS registrada.
gps:dop	Dilución de precisión (Dilution of precision - DOP) GPS registrada.
height-raw	Altura sobre el nivel del mar registrado por el GPS.
sensor-type	Tipo de sensor telemétrico utilizado.
tag-local-identifier	Identificador único del dispositivo telemétrico utilizado.
individual-local-identifier	Identificador único del individuo (lobo) registrado en el estudio.

Tabla 1. Descripción de los campos del archivo CSV para los eventos telemétricos GPS.

Nombre	Descripción
tag-id	Identificador único del collar GPS utilizado.
animal-id	Identificador único del individuo al que se le monitorea por medio de telemetría GPS.
animal-taxon	Taxonomía del individuo involucrado en el estudio.
study-name	Nombre propio del estudio o investigación.
deploy-on-date	Fecha en que se inició el monitoreo GPS del individuo.
deploy-off-date	Fecha en que se finalizó el monitoreo GPS del individuo.
animal-death-comments	En caso de muerte, los investigadores agregan comentarios.
animal-life-stage	Estado del ciclo de vida del animal adulto (AD, mayor a 3 años), adulto joven (SUBAD, entre 2 a 3 años) y cría joven (YLY 1 o 2 años).
animal-sex	Sexo del individuo.
attachment-type	Método para pegar el instrumento de telemetría GPS al animal.
deployment-comments	Comentario al inicio del monitoreo.
deployment-end-comments	Comentario al finalizar el monitoreo.
deployment-id	Identificador único de la sesión de monitoreo.
manipulation-type	Comentarios sobre manipulaciones extra sobre el animal.
study-site	Nombre de la locación específica de la manada.
tag-beacon-frequency	Frecuencia de transmisión de la instrumentación GPS (GHz).
tag-manufacturer-name	Empresa productora de la instrumentación GPS.
tag-mass	Masa del instrumento (gr).
tag-model	Modelo del instrumento de telemetría GPS.
tag-readout-method	Método para transmitir la telemetría GPS.

Tabla 2. Descripción de los campos del archivo CSV con las especificaciones clave de los individuos del estudio.

Trabajo Propuesto

Parte 1: Configuración Repositorio

Complete los siguientes pasos para configurar su repositorio de trabajo:

1. Cree en GitHub un repositorio basado en la plantilla propuesta para el reto, el cual se encuentra en el URL: <https://github.com/ISIS1225DEVs/Reto4-Template>
2. Renombre el repositorio de su reto con el formato **Reto4-G<<Número del grupo>>** ej.: **Reto4-G01** para el grupo 1 de la sección 2.
3. Edite el **README** del repositorio e incluya los nombres completos, correo Uniandes y códigos de los miembros del equipo de trabajo.
4. Realice el procedimiento según lo aprendido en clase para clonar el repositorio en su máquina local y sincronizarlo con su repositorio en GitHub.
5. Descargue los datos desde la sección unificada del curso y cópielos en la carpeta **data** del repositorio local.

Parte 2: Carga de Datos

En la sección unificada, en el apartado de Reto 4 encontrarán los datos oficiales del proyecto. El ZIP contiene varios archivos con los sufijos **-small**, **-large**, **-5pct**, **-10pct**, **-20pct**, **-30pct**, **-50pct** y **-80pct**. Son archivos con diferente número de registros. Esto facilita la implementación y pruebas en computadores con memoria RAM y procesadores reducidos.

Para responder a los requerimientos presentados deberán cargar la información de los archivos entregados; recuerde que solo se permite leer una vez la información de cada archivo y que las pruebas finales sobre sus algoritmos serán sobre el archivo **-large.csv**.

El archivo **BA-Grey-Wolf-tracks-utf8** contiene las transmisiones de telemetría GPS con la posición de un lobo. Por ende, cada identificador de un evento registrado puede significar un cambio de la posición de un individuo.

Para construir el grafo apropiado para completar los requerimientos **debe considerar las siguientes pautas:**

- a. Para crear un ID único de cada lobo (**<<individual-id>>**) se propone unir el identificador del animal con el identificador del collar GPS con que se siguen a los animales **<<animal-id>>_<<tag-id>>** (ej.: de **"32263B"** y **"32263"** pasa a ser **"32263B_32263"**).
- b. Este identificador único del individuo puede construirse en ambos archivos disponibles (**BA-Grey-Wolf-tracks-utf8** y **BA-Grey-Wolf-details-utf8**) utilizando las columnas **<<animal-id>>**, **<<tag-id>>**, **<< individual-local-identifier>>** y **<< tag-local-identifier>>**.
- c. Utilice este identificador único **<<individual-id>>** para relacionar los dos archivos y las estructuras de datos necesarias para cumplir los requerimientos.
- d. El movimiento de un lobo está determinado por la posición geográfica (longitud, latitud) en las que se encuentra y todas las posiciones geográficas están dadas por datos telemétricos tomados por dispositivos GPS. Para facilitar el procesamiento de los datos se aproximan todos los números flotantes a la tercera cifra decimal redondeado hacia arriba (ej.: -112.86347438985, 55.6234308795 se aproxima a -112.863, 55.623).
- e. Debido a la definición del ADT Graph del curso, donde no permitimos arcos paralelos entre nodos y referencias a sí mismo (autorreferencias), se clasifican los vértices del grafo en dos tipos: en **puntos/nodos de encuentro** y en **puntos de seguimiento** para cada individuo.

- f. Al crear los identificadores para los nodos se rempazan los caracteres especiales dentro la posición geográfica de guión "-" por el carácter "m" y el punto "." Por el carácter "p". (ej.: los datos -115.792 y 58.198 pasan a ser "m115p792" y "58p198").
- g. Los **puntos de encuentro** son espacios comunes frecuentados por distintos animales y definidos por la aproximación de los datos GPS (longitud y latitud) a la cuarta cifra decimal. Para identificar eficientemente estos puntos deben utilizar un ID compuesto teniendo en cuenta la longitud y latitud de este con el formato <<location-long>>_<<location-lat>>. (ej.: un evento con los datos de **location-long**: -115.792 y **location-lat**: 58.198, el identificador del vértice será "m115p792_58p198").
- h. Los **puntos de seguimiento** de los individuos son las posiciones (longitud y latitud) de cada uno de los lobos que pueden estar cerca de los puntos de encuentro. Para identificar cualquier vértice de seguimiento deben crear un ID compuesto teniendo en cuenta la longitud, la latitud y el identificador del animal con el formato <<location-long>>_<<location-lat>>_<<individual-id>>. (ej.: un evento con los datos de **location-long**: -115.792, **location-lat**: 58.198 e **individual-id**: 35260_35260, el identificador del vértice será "m115p792_58p198_35260_35260").
- i. Un **punto de encuentro** existe solamente si dos o más lobos se encuentran en la misma longitud y latitud del **punto de seguimiento**.
- j. Después de obtener los nodos del grafo, se deben unir todos los **puntos de encuentro** con sus respectivos **puntos de seguimiento** para sus individuos, cada arco que conecta los **puntos de encuentro** y de **seguimiento** debe ser reciproco y con "peso" igual a 0.0 para no alterar el resultado de los algoritmos.
- k. La dirección del movimiento de un lobo puede inferirse al ordenar cronológicamente (*timestamp*) los datos telemétricos del individuo. Aquí, un cambio de posición entre dos instantes de tiempo demuestra que el lobo se trasladó desde la posición A (con longitud-1 y latitud-1) a la posición B (con longitud-2 y latitud-2). Mientras que mantenerse en la misma posición GPS no genera un arco.
- l. Los arcos que conectan dos puntos de seguimiento siempre deben pertenecer al mismo individuo (ej.: de "m111p548_59p986_33679_33679" a "m111p548_59p94_33679_33679" es un arco valido mientras que "m111p548_59p986_33679_33679" a "m111p548_59p986_35260_35260" no lo es).
- m. Los **puntos/vértices de encuentro** solo pueden conectarse entre **nodos/puntos de seguimiento** con la misma longitud y latitud utilizando arcos recíprocos (ej.: "m112p415_56p772" conecta a "m112p415_56p772_32254_32254" y a "m112p415_56p772_32255_32255" con peso 0.000).
- n. A partir de la geolocalización de dos puntos/vértices de seguimiento para lobos se puede calcular su distancia Haversine con la **Fórmula del semiverseno (Haversine formula)**^{4,5,6,7} (en kilómetros o metros). Esta distancia corresponderá al "peso" del arco que conecta dos puntos de encuentro consecutivos por medio de los nodos de seguimiento. A estos caminos los denominamos caminos o corredores migratorios. Para facilitar el procesamiento de los datos se aproximan todos los valores de los arcos en punto flotante a la **tercera cifra decimal redondeado hacia arriba**

Todas las reglas para crear correctamente los vértices y arcos del grafo están resumidas en la Ilustración 1. Además, en la Ilustración 2 encontrara una imagen de referencia de los datos que debe tener en cuenta para el procedimiento.

⁴ Haversine formula, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula

⁵ Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points, URL: <https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>

⁶ Haversine Formula in Python (Bearing and Distance between two GPS points), URL: <https://stackoverflow.com/questions/4913349/haversine-formula-in-python-bearing-and-distance-between-two-gps-points>

⁷ haversine 2.5.1, URL: <https://pypi.org/project/haversine/>

Al final de la carga hay que reportar los siguientes datos:

- El total de lobos reconocidos en el estudio.
- El total de eventos cargados durante el estudio.
- El total de puntos de encuentro reconocidos.
- El total de puntos de seguimiento reconocidos.
- El total de arcos creados para unir los nodos de encuentro y los puntos de seguimiento.
- El total de arcos creados para representar el movimiento de los individuos, es decir el número de arcos creados entre puntos de seguimiento.
- Mostrar el rango del área rectangular que ocupan los lobos grises de Boutin Alberta en Canadá con sus valores máximos y mínimos de latitud y longitud.
- Mostrar los primeros cinco y últimos cinco nodos de la lista de adyacencia dentro del grafo con las siguientes características:
 - Identificador del punto de encuentro (latitud-longitud).
 - Geolocalización aproximada del punto (latitud, longitud).
 - El total de lobos presentes en los puntos de encuentro o nodos de seguimiento (número de nodos adyacentes).
 - El listado de los identificadores de los lobos que se encuentran en ese punto.

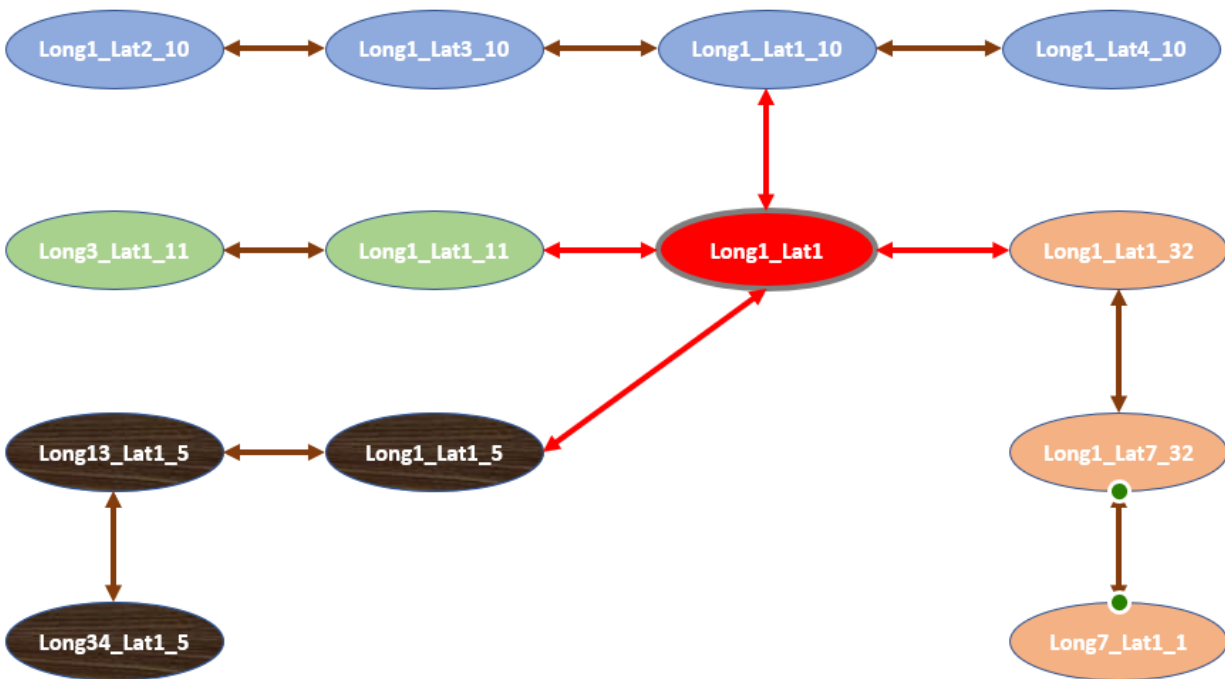


Ilustración 1. Esquema para solucionar localizaciones de encuentro.

```
event-id,visible,timestamp,location-long,location-lat,external-temperature,gps:dop,height-raw,sensor-type,individual-taxon-canonical-name,tag-local
9710294924,true,2013-12-19 00:00:44.000,-111.990073,57.212889,-22.0,2.6,"350.59","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294925,true,2013-12-19 12:00:45.000,-112.043078,57.211016,-8.0,1.6,"335.05","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294926,true,2013-12-20 00:00:44.000,-112.105655,57.26009,-5.0,1.8,"409.08","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294927,true,2013-12-20 12:00:44.000,-112.105336,57.261037,-12.0,1.6,"414.98","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294928,true,2013-12-21 00:00:44.000,-112.10563,57.260091,-9.0,1.8,"416.13","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294929,true,2013-12-21 12:00:44.000,-112.105605,57.260063,-10.0,2.0,"418.13","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
9710294930,true,2013-12-22 00:00:44.000,-112.114396,57.256069,-20.0,1.8,"416.4","gps","Canis lupus","13791","13791","Boutin Alberta Grey Wolf"
```

Ilustración 2. Referencia de los datos para tener en cuenta a la carga de datos.

Recomendaciones:

- Recuerde que el grafo resultante posee un número diferente de nodos compartidos que depende de la cantidad de puntos de encuentro y rutas de lobos reconocidos en el conjunto de datos.

IMPORTANTE: todos los ejemplos del documento fueron ejecutados con el subconjunto de datos -small.csv.

EJEMPLO: Carga de archivos -small.

```
===== WOLF TRACKING & GATHERING DATA =====
----- Wolf and event features -----
Number of wolfs: 45
Number of wolfs with data: 45
Number of tracking events: 2391

----- Nodes features -----
Number of gathering points: 66
Number of tracking points: 2132
Total of identified points: 2198

----- Edges features -----
Number of gathering edges: 272
Number tracking edges: 2160
Number of identified edges: 2432

+++++ WOLF TRACKING & GATHERING DIGRAPH +++++
Total of nodes in the digraph: 2198
Total of edges in the digraph: 2432

+++++ WOLF TRACKING & GATHERING GRAPH +++++
Total of nodes in the graph: 2198
Total of edges in the graph: 154

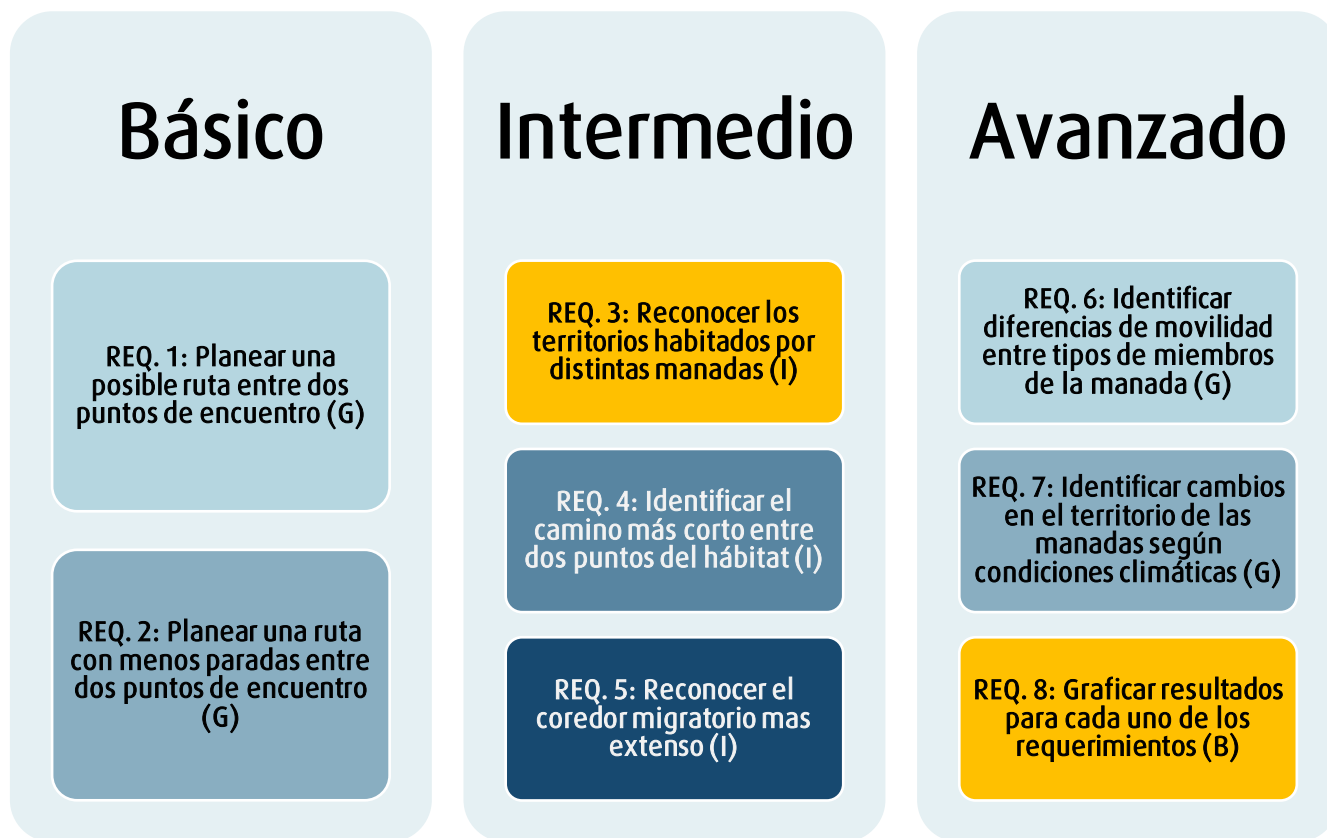
----- Graph area -----
Min & Max latitude: 55.891 and 60.244
Min & Max longitude: -113.425 and -110.896

----- Wolf tracking & gathering nodes -----
First 5 & Last 5 of nodes loaded in the DiGraphs.

+-----+-----+-----+-----+-----+
| location-long-aprox | location-lat-aprox | node-id | individual-id | adjacent-nodes |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -112.312 | 56.796 | m112p312_56p796 | 32259_32259, 32269_33678_32269 | 4 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -112.285 | 56.591 | m112p285_56p591 | 32255_32255, 33680_33680 | 4 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -112.272 | 56.757 | m112p272_56p757 | 15008_15008, 33678B_33678 | 4 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -112.175 | 56.540 | m112p175_56p54 | 32255_32255, 33680_33680 | 4 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -112.158 | 56.608 | m112p158_56p608 | 32255_32255, 33680_33680 | 4 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -111.047 | 56.914 | m111p047_56p914_32258_32258 | 32258_32258 | 2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -111.030 | 56.947 | m111p03_56p947_32261A_32261 | 32261A_32261 | 2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -110.957 | 56.810 | m110p957_56p81_32258_32258 | 32258_32258 | 2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -110.903 | 56.820 | m110p903_56p82_32258_32258 | 32258_32258 | 2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| -110.896 | 56.904 | m110p896_56p904_32261A_32261 | 32261A_32261 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
```


Parte 3: Desarrollo de los Requerimientos

El resumen de los requerimientos se muestra en la siguiente tabla y se explican detalladamente en la siguiente sección.



Para este reto se han identificado ocho (8) requerimientos, siete (7) obligatorios y un (1) bono. Divididos de acuerdo con si dificultad en nivel básico, intermedio y avanzado. Además, es importante resaltar que tres (3) *de estos requerimientos se deben desarrollar de forma individual y los cinco (5) restantes son grupales.*

Por último, es importante resaltar que los dos (2) requerimientos avanzados son de análisis, es decir que la algorítmica a implementar debe ser diseñada por los estudiantes y la librería DISCLib no ofrece ningún algoritmo directo para su solución.

NOTA: En caso de que el equipo este conformado solamente por dos integrantes deberán resolver solamente cinco (5) requerimientos obligatorios; el equipo podrá escoger cuál de los requerimientos básicos va a realizar y la pareja podrá elegir dos (2) de los tres (3) requerimientos individuales a implementar.

Requerimiento No. 1 (Grupal): Planear una posible ruta entre dos puntos de encuentro

Como biólogo conservacionista **deseo** conocer si existe un camino utilizado entre dos puntos de encuentro para lobos.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Identificador del punto de encuentro de origen (corresponde al identificador único compuesto creado por la longitud-latitud de punto GPS).
- Identificador del punto de encuentro de destino (corresponde al identificador único compuesto creado por la latitud-longitud del punto GPS).

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- La distancia total que tomará el camino entre el punto de encuentro de origen y el de destino.
- El total de puntos de encuentro que contiene el camino encontrado.
- El total de nodos de seguimiento que tiene el camino encontrado.
- Los cinco primeros y cinco últimos vértices (puntos de encuentro o de seguimiento) que definen la ruta resultante (incluyendo el punto de origen y de destino con la siguiente información:
 - El identificador del punto de encuentro.
 - La longitud y latitud del punto.
 - El número de individuos (lobos) que transitan por ese punto.
 - Listado con los tres primeros y tres últimos identificadores de lobos que transitan por el punto.
 - La distancia al siguiente vértice en la ruta (punto de encuentro o de seguimiento).

IMPORTANTE: Los algoritmos utilizados para solucionar los requerimientos 1 y 2 deben ser diferentes.

Recomendación:

- El usuario solo ingresa los identificadores de los puntos de encuentro conocidos con el formato longitud-latitud.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor "Desconocido" o "Unknown".

EJEMPLO Deseo buscar una ruta entre los puntos de encuentro “m111p862_57p449” y “m111p908_57p427”.

```
===== Req No. 1 Inputs =====
Start Gathering Point: 'm111p862_57p449'
End Gathering Point: 'm111p908_57p427'

Creating the DFS tree...
Checking if 'm111p908_57p427' is in the DFS tree...
Is 'm111p908_57p427' in the tree? TRUE

Finding the path between 'm111p862_57p449' and 'm111p908_57p427'...
Creating the answer details...
DFS path has more than 10 nodes...

===== Req No. 1 Answer =====
Total of nodes in the path: 27
Total of gathering points in the path: 4
Total of tracking points in the path: 23
Total distance in the path: 107.624 km
DFS path nodes: 27
DFS path edges: 26

--- DFS Graph route specs ---
First 5 & Last 5 nodes loaded in the DFS path are:
```

location-long-approx	location-lat-approx	node-id	individual-id	individual-count	edge-to	edge-distance-km
-111.862	57.449	m111p862_57p449	32256_32256, 32257_32257	2	m111p862_57p449_ 32256_32256	0.0
-111.862	57.449	m111p862_57p449_ 32256_32256	32256_32256	1	m111p749_57p542_ 32256_32256	12.35
-111.749	57.542	m111p749_57p542_ 32256_32256	32256_32256	1	m111p863_57p449_ 32256_32256	12.383
-111.863	57.449	m111p863_57p449_ 32256_32256	32256_32256	1	m111p863_57p449	0.0
-111.863	57.449	m111p863_57p449	32256_32256, 32257_32257, 32264_32264	3	m111p863_57p449_ 32264_32264	0.0
-111.808	57.443	m111p808_57p443_ 33667_33667	33667_33667	1	m111p84_57p436_3 3667_33667	2.067
-111.840	57.436	m111p84_57p436_3 3667_33667	33667_33667	1	m111p873_57p472_ 33667_33667	4.463
-111.873	57.472	m111p873_57p472_ 33667_33667	33667_33667	1	m111p908_57p427_ 33667_33667	5.424
-111.908	57.427	m111p908_57p427_ 33667_33667	33667_33667	1	m111p908_57p427	0.0
-111.908	57.427	m111p908_57p427	32257_32257, 33667_33667	2	Unknown	Unknown

Requerimiento No. 2 (Grupal): Planear una ruta con menos paradas entre dos puntos de encuentro

Como biólogo conservacionista **deseo** conocer el corredor con menor número de puntos (de encuentro o seguimiento) desde un punto de origen y otro de destino.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Identificador del punto de encuentro de origen (corresponde al identificador único compuesto creado por la longitud-latitud de punto GPS).
- Identificador del punto de encuentro de destino (corresponde al identificador único compuesto creado por la latitud-longitud del punto GPS).

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- La distancia total que tomará el camino entre el punto de encuentro de origen y el de destino.
- El total de puntos de encuentro que contiene el camino encontrado.
- El total de nodos de seguimiento que tiene el camino encontrado.
- Los cinco primeros y cinco últimos vértices (puntos de encuentro o de seguimiento) que definen la ruta resultante (incluyendo el punto de origen y de destino con la siguiente información:
 - El identificador del punto de encuentro.
 - La longitud y latitud del punto.
 - El número de individuos (lobos) que transitan por ese punto.
 - Listado con los tres primeros y tres últimos identificadores de lobos que transitan por el punto.
 - La distancia al siguiente vértice en la ruta (punto de encuentro o de seguimiento).

IMPORTANTE: Los algoritmos utilizados para solucionar los requerimientos 1 y 2 deben ser diferentes.

Recomendación:

- El usuario solo ingresa los identificadores de los puntos de encuentro conocidos con el formato longitud-latitud.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor "Desconocido" o "Unknown".

EJEMPLO: Deseo buscar una ruta con los menos puntos posibles entre los puntos de encuentro “m111p862_57p449” y “m111p908_57p427”.

```
===== Req No. 2 Inputs =====
Start Gathering Point: 'm111p862_57p449'
End Gathering Point: 'm111p908_57p427'

Creating the BFS tree...
Checking if 'm111p908_57p427' is in the BFS tree...
Is 'm111p908_57p427' in the tree? TRUE

Finding the path between 'm111p862_57p449' and 'm111p908_57p427'...
Creating the answer details...
BFS path has more than 10 nodes...

===== Req No. 2 Answer =====
Total of nodes in the path: 18
Total of gathering points in the path: 3
Total of tracking points in the path: 15
Total distance in the path: 72.740 km
BFS path nodes: 18
BFS path edges: 17

--- BFS Graph route specs ---
First 5 & Last 5 nodes loaded in the DFS path are:
```

location-long-approx	location-lat-approx	node-id	individual-id	individual-count	edge-to	edge-distance-km
-111.862	57.449	m111p862_57p449	32256_32256,	2	m111p862_57p449_	0.0
			32257_32257		32256_32256	
-111.862	57.449	m111p862_57p449_	32256_32256	1	m111p928_57p504_	7.278
		32256_32256			32256_32256	
-111.928	57.504	m111p928_57p504_	32256_32256	1	m111p766_57p548_	10.839
		32256_32256			32256_32256	
-111.766	57.548	m111p766_57p548_	32256_32256	1	m111p853_57p433_	13.804
		32256_32256			32256_32256	
-111.853	57.433	m111p853_57p433_	32256_32256	1	m111p829_57p416_	2.374
		32256_32256			32256_32256	
-111.808	57.443	m111p808_57p443_	33667_33667	1	m111p84_57p436_3	2.067
		33667_33667			3667_33667	
-111.840	57.436	m111p84_57p436_3	33667_33667	1	m111p873_57p472_	4.463
		3667_33667			33667_33667	
-111.873	57.472	m111p873_57p472_	33667_33667	1	m111p908_57p427_	5.424
		33667_33667			33667_33667	
-111.908	57.427	m111p908_57p427_	33667_33667	1	m111p908_57p427	0.0
		33667_33667				
-111.908	57.427	m111p908_57p427	32257_32257,	2	Unknown	Unknown
			33667_33667			

Requerimiento No. 3 (Individual): Reconocer los territorios habitados por distintas manadas

Como guardabosques del área **deseo** conocer los territorios de las manadas⁸ de lobos presentes dentro del hábitat del bosque. Cuantas manadas existen, quienes son sus miembros, sus características, los puntos de encuentro que frecuentan y las posiciones que dominan.

No se requieren **parámetros de entrada** para este requerimiento, se utiliza la totalidad del grafo.

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- El total de manadas identificadas por sus puntos de seguimiento y de encuentro basados en los Componentes Conectados reconocidos dentro grafo.
- Mostrar las cinco (5) manadas con mayor dominio sobre el territorio (de mayor a menor número de puntos de encuentro y seguimiento dentro del componente fuertemente conectado) con la siguiente información:
 - El número de puntos de encuentro y seguimiento que pertenece a dicha manada.
 - Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentros reconocidos dentro del territorio (dentro del componente conectado).
 - El número de individuos que conforma la manada.
 - Los tres primeros y tres últimos miembros de la manada con la siguiente información:
 - Identificador del individuo.
 - Taxonomía de la especie.
 - Ciclo de vida del animal.
 - Sexo del animal.
 - El lugar de estudio.
 - Longitudes y latitudes máximas y mínimas presentes en los puntos de encuentro del componente.

Recomendación:

- Ordene los territorios dominados por las manadas según su tamaño (el número de puntos de encuentro que pertenecen al componente) y su índice (identificador) para facilitar la lectura de los resultados.
- Si existen menos de 5 componentes dentro del grafo, mostrar la información de todos los componentes conectados identificados.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor “Desconocido” o “Unknown”.

⁸ Una manada se define como el grupo de lobos que frecuentan los puntos de encuentro dentro del mismo componente conectado.

EJEMPLO: Deseo conocer los territorios dominados por las manadas presentes en el ecosistema de la región arenosa petrolífera de Athabasca (AOSR).

===== Req No. 3 Inputs =====

++ Calculating wolf territory with Strongly Connected Components ++

===== Req No. 3 Answer =====

Wolf pack territory details accordind to SCC...

There are 1391 Strongly Connected Components (SCC) in the graph.

+++ The SCC details are: +++

The TOP 5 SCC in the graph are:

SCCID	Node IDs	SCC size	min-lat	max-lat	min-lon	max-lon	Wolf Count	Wolf Details																									
1016	m11p428_56p721_322638_32263, m11p661_56p635_32267_32267, m11p497_56p715_322618_32261, ..., m11p563_56p667_322618_32261, m11p516_56p731_322638_32263, m11p558_56p681_322638_32263	212	56.533	56.761	-111.928	-111.391	3	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>322618_32261</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr><tr><td>322638_32263</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr><tr><td>32267_32267</td><td>m</td><td>AD</td><td>South Athabasca Pack</td><td>body length 158 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown	322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown	32267_32267	m	AD	South Athabasca Pack	body length 158 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																													
322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																													
322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																													
32267_32267	m	AD	South Athabasca Pack	body length 158 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent																													
1092	m11p607_57p402_32262_33668_3366 8, m11p628_57p428_32251_32251, m11p534_57p434_32251_32251, ..., m11p637_57p414_32251_32251, m11p633_57p428_32251_32251, m11p457_57p276_32251_32251	117	57.185	57.534	-111.661	-111.349	3	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32251_32251</td><td>m</td><td>AD</td><td>McLelland Pack</td><td>body length 168 cm; chest girth 67 cm; body condition Excellent</td></tr><tr><td>32262_33668_32262</td><td>f</td><td>AD</td><td>McLelland Pack</td><td>Unknown</td></tr><tr><td>32262_33668_33668</td><td>m</td><td>AD</td><td>McLelland Pack</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32251_32251	m	AD	McLelland Pack	body length 168 cm; chest girth 67 cm; body condition Excellent	32262_33668_32262	f	AD	McLelland Pack	Unknown	32262_33668_33668	m	AD	McLelland Pack	Unknown					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																													
32251_32251	m	AD	McLelland Pack	body length 168 cm; chest girth 67 cm; body condition Excellent																													
32262_33668_32262	f	AD	McLelland Pack	Unknown																													
32262_33668_33668	m	AD	McLelland Pack	Unknown																													
1374	m11p881_57p014_32259_32259, m11p954_56p941_32259_32259, m12p107_56p895_32259_32259, ..., m11p97_56p894_32269_33678_ 32269, m11p871_56p983_32259_32259, m11p972_56p96_32259_32259	116	56.787	57.064	-112.365	-111.814	3	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32259_32259</td><td>m</td><td>AD</td><td>McKay Pack</td><td>body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent</td></tr><tr><td>32269_33678_32269</td><td>f</td><td>AD</td><td>McKay Pack</td><td>body length 148 cm; chest girth 62 cm; body condition Excellent</td></tr><tr><td>33670_33670</td><td>Unknown</td><td>AD</td><td>McKay Pack</td><td>body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32259_32259	m	AD	McKay Pack	body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent	32269_33678_32269	f	AD	McKay Pack	body length 148 cm; chest girth 62 cm; body condition Excellent	33670_33670	Unknown	AD	McKay Pack	body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																													
32259_32259	m	AD	McKay Pack	body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent																													
32269_33678_32269	f	AD	McKay Pack	body length 148 cm; chest girth 62 cm; body condition Excellent																													
33670_33670	Unknown	AD	McKay Pack	body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good																													
1137	m11p644_57p468_32264_32264, m11p863_57p45_32264_32264, m11p862_57p449_32257_32257, ..., m11p763_57p517_32264_32264, m11p853_57p449_33667_33667, m11p792_57p539_32264_32264	97	57.394	57.569	-111.928	-111.644	4	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>33667_33667</td><td>m</td><td>AD</td><td>North Pack</td><td>body length 149 cm; chest girth 89 cm; body condition Very Good</td></tr><tr><td>32256_32256</td><td>f</td><td>AD</td><td>North Pack</td><td>body length 137 cm; chest girth 59 cm; body condition Very Good</td></tr><tr><td>32264_32264</td><td>f</td><td>AD</td><td>North Pack</td><td>body length 123 cm; chest girth 52 cm; body condition Very Good</td></tr><tr><td>32257_32257</td><td>m</td><td>AD</td><td>North Pack</td><td>body length 142 cm; chest girth 60 cm; body condition Poor</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	33667_33667	m	AD	North Pack	body length 149 cm; chest girth 89 cm; body condition Very Good	32256_32256	f	AD	North Pack	body length 137 cm; chest girth 59 cm; body condition Very Good	32264_32264	f	AD	North Pack	body length 123 cm; chest girth 52 cm; body condition Very Good	32257_32257	m	AD	North Pack	body length 142 cm; chest girth 60 cm; body condition Poor
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																													
33667_33667	m	AD	North Pack	body length 149 cm; chest girth 89 cm; body condition Very Good																													
32256_32256	f	AD	North Pack	body length 137 cm; chest girth 59 cm; body condition Very Good																													
32264_32264	f	AD	North Pack	body length 123 cm; chest girth 52 cm; body condition Very Good																													
32257_32257	m	AD	North Pack	body length 142 cm; chest girth 60 cm; body condition Poor																													
942	m11p384_56p809_13794_13794, m11p394_56p796_13794_13794, m11p383_56p781_13794_13794, ..., m11p312_56p704_13794_13794, m11p36_56p756_13794_13794, m11p251_56p693_13794_13794	37	56.683	56.847	-111.402	-111.188	2	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>33671_33671</td><td>m</td><td>AD</td><td>Clearwater Pack</td><td>body length 153 cm; chest girth 95 cm; body condition Very Good</td></tr><tr><td>13794_13794</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	33671_33671	m	AD	Clearwater Pack	body length 153 cm; chest girth 95 cm; body condition Very Good	13794_13794	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown										
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																													
33671_33671	m	AD	Clearwater Pack	body length 153 cm; chest girth 95 cm; body condition Very Good																													
13794_13794	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown																													

Requerimiento No. 4 (Individual): identificar el camino más corto entre dos puntos del hábitat

Como guardabosques del área **deseo** identificar el corredor migratorio entre dos puntos específicos dentro de la región arenosa petrolífera de Athabasca (AOSR) para planear mejor las inspecciones del hábitat.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Localización geográfica del punto de origen (longitud y latitud).
- Localización geográfica del punto de destino (longitud y latitud).

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- La distancia entre el punto GPS de origen y el punto de encuentro más cercano.
- La distancia el punto de encuentro de destino más cercano y el punto GPS de destino.
- La distancia total que tomará el recorrido entre los puntos de encuentro de origen y destino.
- El total de puntos de encuentro que pertenecen al camino identificado (nodos).
- El total de individuos/lobos distintos que utilizan el corredor identificado.
- El total de segmentos que conforman la ruta identificada (arcos).
- Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentro (incluyendo el punto de origen y de destino) que pertenecen al corredor identificado con la siguiente información:
 - El identificador del punto de encuentro.
 - La longitud y latitud del punto.
 - El número de individuos (lobos) que transitan por ese punto.
 - Listado con los tres primeros y tres últimos identificadores de lobos que transitan por el punto.
 - La distancia al siguiente punto de encuentro.

Recomendación:

- Primero busque el punto de encuentro más cercano a la geolocalización de origen y de destino utilizando la función **Haversine**.
- Busque el camino de distancia mínima entre los puntos de encuentro de origen y de destino determinados previamente.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor **"Desconocido"** o **"Unknown"**.

EJEMPLO: Deseo conocer la ruta migratoria con distancia mínima entre las posiciones GPS de origen (-111.911, 57.431) y de destino (-111.865, 57.435).

```
===== Req No. 4 Inputs =====

Enter relevant positions...
Source location := LON: '-111.911' LAT: '57.431'
Target location := LON: '-111.865' LAT: '57.453'

++ Finding the nearest gathering points to src and tgt location ++

Nearest gathering point to the source: 'm111p908_57p427'
Nearest gathering point to the target: 'm111p866_57p451'

===== Req No. 4 Answer =====

+++ Source gathering point +++
Distance from the source point: 0.480 [km]
+-----+-----+-----+-----+
| node-id | location-long-approx | location-lat-approx | individual-id |
+-----+-----+-----+-----+
| m111p908_57p427 | -111.908 | 57.427 | 32257_32257, |
| | | | 33667_33667 |
+-----+-----+-----+-----+

+++ Target gathering point +++
Distance to the target point: 0.230 [km]
+-----+-----+-----+-----+
| node-id | location-long-approx | location-lat-approx | individual-id |
+-----+-----+-----+-----+
| m111p866_57p451 | -111.866 | 57.451 | 32256_32256, |
| | | | 32264_32264, |
| | | | 33667_33667 |
+-----+-----+-----+-----+

+++++ Wolf route details ++++++
- Number of nodes (gathering & tracking points): 10
- Number of trips: 9
- Total distance between nodes: 26.544 [km]

----- Route details -----
There are '9' edges in route.
The first 3 and last 3 in range are:
- Distance from source location with LON: '-111.911' LAT: '57.431' to gathering point 'm111p908_57p427' is: 0.480 [km]
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| src-node-id | location-lat-src | location-long-src | tgt-node-id | location-lat-tgt | location-long-tgt | individual-id | distance-km |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p908_57p427 | 57.427 | -111.908 | m111p908_57p427_33 | 57.427 | -111.908 | 33667_33667 | 0.000 |
| | | | 667_33667 | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p908_57p427_33 | 57.427 | -111.908 | m111p755_57p458_33 | 57.458 | -111.755 | 33667_33667 | 9.783 |
| 667_33667 | | | 667_33667 | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p755_57p458_33 | 57.458 | -111.755 | m111p702_57p461_33 | 57.461 | -111.702 | 33667_33667 | 3.188 |
| 667_33667 | | | 667_33667 | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p853_57p449_33 | 57.449 | -111.853 | m111p867_57p443_33 | 57.443 | -111.867 | 33667_33667 | 1.071 |
| 667_33667 | | | 667_33667 | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p867_57p443_33 | 57.443 | -111.867 | m111p866_57p451_33 | 57.451 | -111.866 | 33667_33667 | 0.892 |
| 667_33667 | | | 667_33667 | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p866_57p451_33 | 57.451 | -111.866 | m111p866_57p451 | 57.451 | -111.866 | 33667_33667 | 0.000 |
| 667_33667 | | | | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
- Distance to the target location with LON: '-111.865' LAT: '57.453' to gathering point 'm111p866_57p451' is: 0.230 [km]
TOTAL DISTANCE: 27.254 [km]

----- Gathering Points details -----
There are '10' gathering points in route.
The first 3 and last 3 in range are:
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| node-id | location-long-approx | location-lat-approx | individual-id | individual-count |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p908_57p427 | -111.908 | 57.427 | 32257_32257, | 2 |
| | | | 33667_33667 | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p908_57p427_33 | -111.908 | 57.427 | 33667_33667 | 1 |
| 667_33667 | | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p755_57p458_33 | -111.755 | 57.458 | 33667_33667 | 1 |
| 667_33667 | | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p867_57p443_33 | -111.867 | 57.443 | 33667_33667 | 1 |
| 667_33667 | | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p866_57p451_33 | -111.866 | 57.451 | 33667_33667 | 1 |
| 667_33667 | | | | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m111p866_57p451 | -111.866 | 57.451 | 32256_32256, | 3 |
| | | | 32264_32264, | |
| | | | 33667_33667 | |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Requerimiento No. 5 (Individual): Reconocer el corredor migratorio más extenso

Como guardabosques del área **deseo** reconocer el corredor migratorio más extenso que puedo revisar desde un punto de encuentro específico teniendo en cuenta una distancia máxima que deseo recorrer para colocar cámaras y dispositivos de vigilancia para recolectar más información sobre los lobos dentro de su hábitat.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Identificador del punto de encuentro de origen (corresponde al identificador único compuesto creado por la longitud-latitud de punto GPS).
- Distancia que puede recorrer el guardabosques desde el punto de origen (en km o m según la configuración de la función **Haversine**).
- El número mínimo de puntos de encuentros que el guardabosques desea inspeccionar.

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- El número máximo de posibles de rutas para inspeccionar corredores migratorios.
- El corredor migratorio más extensos dentro del territorio. Para este recorrido se debe mostrar la siguiente información:
 - El número de puntos de encuentro y seguimiento visitados.
 - La distancia recorrida (en km o m).
 - La secuencia de los puntos de encuentro e inspección involucrados en el trayecto.
 - La secuencia del número posible de individuos visibles en el trayecto.

Recomendación:

- Tenga en cuenta que un corredor migratorio está definido por caminos recíprocos entre puntos de encuentro (grafo no dirigido).
- Tenga en cuenta que la distancia que se desea recorrer desde el punto de origen se reduce a la mitad porque el guardabosques debe volver al punto de inicio.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor **"Desconocido"** o **"Unknown"**.
- Los corredores migratorios reconocidos deben estar organizados descendientemente (de mayor a menor) por el criterio compuesto de la distancia recorrida y el número de puntos de encuentro involucrados en la ruta.

EJEMPLO: Deseo conocer el corredor más extenso para recorrer desde el punto de encuentro "m112p039_56p612" con una distancia máxima de 24.5 km y un mínimo de 2 puntos de encuentro/seguimientos en su trayecto.

```
===== Req No. 5 Inputs =====
Min of Gathering/Tracking Points to visit: 2
Max roundtrip traveling distance: 24.5 [km]
Origin gathering point: 'm112p039_56p612'

The origin gathering point is connected to other points.
Preparing to find the longest path...

===== Req No. 5 Answer =====
There are 4 possible paths from point 'm112p039_56p612'
The minimum number of gathering points to visit is: 2
The maximum roundtrip distance to travel is: 24.5 [km]

+++++ TOP paths details +++++
+-----+-----+-----+-----+
| Points Count | Path distance [km] | Point List                | Animal Count |
+-----+-----+-----+-----+
|           3 |          11.741 | m112p039_56p612, m112p03 | 2, 1, 1      |
|           |                  | 9_56p612_32270_32270, m1 |                |
|           |                  | 12p16_56p694_32270_32270 |                |
+-----+-----+-----+-----+
```

Requerimiento No. 6 (Grupal): Identificar diferencias en los corredores migratorios según el tipo de individuo

Como biólogo conservacionista **deseo** identificar las diferencias de comportamiento de los lobos del estudio según el sexo registrado del individuo en determinado tiempo.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Fecha inicial del análisis (con formato "%Y-%m-%d").
- Fecha final del análisis (con formato "%Y-%m-%d").
- El sexo registrado del animal (animal-sex).

La **respuesta esperada** se divide en dos partes y debe contener la siguiente información:

La primera parte de la respuesta es:

- El individuo que recorrió más distancia dentro en el rango con la siguiente información:
 - Identificador del individuo.
 - Taxonomía de la especie.
 - Ciclo de vida del animal.
 - Sexo del animal.
 - Lugar de estudio.
 - Distancia total recorrida.

- Comentarios sobre el animal.
- La ruta más larga del individuo registrada dentro del rango con la siguiente información:
 - La distancia total posible en el recorrido.
 - El total de puntos de encuentro/seguimientos pertenecientes al camino identificado (nodos).
 - El total de trayectos que conforman la ruta identificada (arcos).
 - Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentro (incluyendo el punto de origen y de destino) que pertenecen al corredor identificado con la siguiente información:
 - El identificador del punto de encuentro.
 - La longitud y latitud del punto.
 - El número de individuos (lobos) que transitan por ese punto.
 - Listado con los tres primeros y tres últimos identificadores de lobos que transitan por el punto.

La segunda parte de la respuesta es:

- El individuo que recorrió menos distancia dentro en el rango con la siguiente información:
 - Identificador del individuo.
 - Taxonomía de la especie.
 - Ciclo de vida del animal.
 - Sexo del animal.
 - Lugar de estudio.
 - Distancia total recorrida.
 - Comentarios sobre el animal.
- La ruta más larga del individuo registrada del rango con la siguiente información:
 - La distancia total posible en el recorrido.
 - El total de puntos de encuentro/seguimientos pertenecientes al camino identificado (nodos).
 - El total de trayectos que conforman la ruta identificada (arcos).
 - Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentro (incluyendo el punto de origen y de destino) que pertenecen al corredor identificado con la siguiente información:
 - El identificador del punto de encuentro.
 - La longitud y latitud del punto.
 - El número de individuos (lobos) que transitan por ese punto.
 - Listado con los tres primeros y tres últimos identificadores de lobos que transitan por el punto.

Recomendación:

- **DISCLIB** no provee ningún algoritmo por defecto capaz de resolver este requerimiento. Los estudiantes deben implementar su propia lógica/algoritmo de solución utilizando las funciones básicas/primitivas del ADT Graph.
- Solo tenga en cuenta los registros GPS dentro del rango de tiempos dados por el usuario al momento de reconstruir los territorios y recorridos de los lobos.
- Recuerde que un corredor está definido por un camino reciproco dentro del territorio (grafo no dirigido).
- Utilice las soluciones de los requerimientos anteriores para completar esta funcionalidad.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor "Desconocido" o "Unknown".

EJEMPLO: Deseo identificar las características de los corredores migratorios de las **hembras** que recorrieron más y menos distancia durante “2013-02-16 00:00” y “2014-10-23 23:59”.

```
----- Req No. 6 Inputs -----
Considering the tracking data between the following dates:
- Start Date: 2013-02-16 00:00:00
- End Date: 2014-10-23 23:59:00
- For wolfs with 'f' in the 'animal-sex' tag.

----- Processing range data -----
Filtering tracking data by dates + sex tags...
- Total of unique individuals: 8
- Calculating total travel distance per individual...
- Selecting individuals with the longest and shortest distance...

----- Processing graph data -----
Creating the relevant graph...
- Checking the relevant graph nodes (gathering + tracking)...
- Creating graph nodes...
- Checking relevant graph edges (gathering + tracking)...
- Creating graph edges...
- Calculating the distance between relevant nodes...
- Final digraph details...
  - Digraph nodes: 199
  - Digraph edges: 204

----- Processing longest path data -----
Searching for the longest path with the wolf: 33680_33680
Searching for the longest path with the wolf: 33669_33669

----- Req No. 6 Answer -----
Details for the longest and closest traveling wolf...

----- Part 1 -----
The individual with the longest travel distance is:
- Individual ID: '33680_33680'

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| individual-id | animal-taxon | animal-life-stage | animal-sex | study-site | travel-dist | deployment-comments |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 33680_33680 | Canis lupus | AD | f | Grand Rapids Pack | 678.042 | body length 135 cm; chest girth 76 cm; body condition Very Good |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

The longest path for the wolf '33680_33680' has:
- Node count: 49
- Edge count: 48
- TOTAL DISTANCE: 381.297 [km]

----- Longest path details -----
There are '49' edges in route.
The first 3 and last 3 in range are:

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| node-id | location-long-approx | location-lat-approx | individual-id | individual-count |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p01_56p604_33680_33680 | -111.910 | 56.604 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p048_56p579_33680_33680 | -112.048 | 56.579 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p171_56p562_33680_33680 | -112.171 | 56.562 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p971_56p546_33680_33680 | -111.971 | 56.546 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p908_56p564_33680_33680 | -111.908 | 56.564 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p286_56p585_33680_33680 | -112.286 | 56.585 | 33680_33680 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

----- Part 2 -----
The individual with the shortest travel distance is:
- Individual ID: '33669_33669'

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| individual-id | animal-taxon | animal-life-stage | animal-sex | study-site | travel-dist | deployment-comments |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 33669_33669 | Canis lupus | AD | f | Steepbank Pack | 39.782 | body length 127 cm; chest girth 80 cm; body condition Very Good |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

The longest path for the wolf '33669_33669' has:
- Node count: 7
- Edge count: 6
- TOTAL DISTANCE: 22.119 [km]

----- Longest path details -----
There are '7' edges in route.
The first 3 and last 3 in range are:

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| node-id | location-long-approx | location-lat-approx | individual-id | individual-count |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p408_57p002_33669_33669 | -111.408 | 57.002 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p288_57p054_33669_33669 | -111.288 | 57.054 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p294_57p058_33669_33669 | -111.294 | 57.058 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p19_57p180_33669_33669 | -111.190 | 57.180 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p181_57p119_33669_33669 | -111.181 | 57.119 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| m11p161_57p132_33669_33669 | -111.161 | 57.132 | 33669_33669 | 1 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Requerimiento No. 7 (Grupal): Identificar cambios en el territorio de las manadas según condiciones climáticas

Como biólogo conservacionista **deseo** observar el efecto de los cambios en las condiciones climáticas en la movilidad de las manadas y en el territorio que pueden cubrir a lo largo del tiempo.

Los **parámetros de entrada** de este requerimiento son:

- Fecha inicial del análisis (con formato "%Y-%m-%d").
- Fecha final del análisis (con formato "%Y-%m-%d").
- Temperatura ambiente mínima (en grados centígrados).
- Temperatura ambiente máxima (en grados centígrados).

La **respuesta esperada** debe contener la siguiente información:

- El total de manadas reconocidas por sus movimientos y puntos de encuentro (componentes conectados) en el rango de fechas y temperatura ambiente dados.
- Mostrar los tres primeros y tres últimas manadas con mayor dominio sobre el territorio (de mayor a menor número de puntos de encuentro dentro del componente conectado) con la siguiente información:
 - El número de puntos de encuentro que pertenece a dicha manada.
 - Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentros reconocidos dentro del territorio (dentro del componente fuertemente conectado).
 - El número de individuos que conforma la manada.
 - Los tres primeros y tres últimos miembros de la manada con la siguiente información:
 - Identificador del individuo.
 - Taxonomía de la especie.
 - Ciclo de vida del animal.
 - Sexo del animal.
 - El lugar de estudio.
 - Longitudes y latitudes máximas y mínimas presentes en los puntos de encuentro del componente.
- La ruta más larga posible dentro del territorio identificado (componente fuertemente conectado) con la siguiente información:
 - La distancia total posible en el recorrido.
 - El total de puntos de encuentro/seguimientos pertenecientes al camino identificado (nodos).
 - El total de trayectos que conforman la ruta identificada (arcos).
 - Los tres primeros y tres últimos puntos de encuentro (incluyendo el punto de origen y de destino) que pertenecen al corredor identificado.
 - El total de individuos que pueden utilizar este recorrido.
 - Los tres primeros y tres últimos individuos distintos que utilizan el camino (ordenados por el identificador del individuo).

Recomendación:

- **DISCLIB** no provee ningún algoritmo por defecto capaz de resolver este requerimiento. Los estudiantes deben implementar su propia lógica/algoritmo de solución utilizando las funciones básicas/primitivas del ADT Graph.
- Solo tenga en cuenta los registros GPS dentro del rango de tiempos y temperaturas dados por el usuario al momento de reconstruir los territorios y recorridos de los lobos.

- Ordene los territorios dominados por las manadas según su tamaño (el número de puntos de encuentro que pertenecen al componente) y su índice (identificador) para facilitar la lectura de los resultados.
- En caso de que no exista algún valor dentro de los campos solicitados, completarlos con el valor "Desconocido" o "Unknown".
- Si no existe una ruta dentro del territorio reconocido por componentes fuertemente conectados puede dejarla vacía.

EJEMPLO: Deseo identificar las diferencias del territorio de las manadas entre las echa fechas "012-11-28 00:00" y "2014-05-17 23:59" con temperaturas entre -17.3 °C y 9.7 °C.

```
===== Req No. 7 Inputs =====
Considering the tracking data between the following dates:
- Start Date: 2012-11-28 00:00:00
- End Date: 2014-05-17 23:59:00
Considering the following temperature range:
- Low Temperature: -17.300 °C
- High Temperature: 9.700 °C

----- Processing range data -----
- Defining query by date range...
- Defining query by temperature range...
- Executing query...
- Filling unknown values...

----- Processing graph data -----
Creating the relevant graph...
- Checking the relevant graph nodes (gathering + tracking)...
- Creating graph nodes...
- Checking relevant graph edges (gathering + tracking)...
- Creating graph edges...
- Calculating the distance between relevant nodes...
- Final digraph details...
  - Digraph nodes: 1064
  - Digraph edges: 1122

++ Calculating wolf territory with Strongly Connected Components ++
```

Continúa en la siguiente página.

Territorios de las manadas identificados según las condiciones dadas:

***** Req No. 7 Answer *****

Wolf pack territory details accordind to SCC...

There are '795' Strongly Connected Components (SCC) in the graph.

+++ The SCC details are: +++

There are '795' SCC in the graph.

The first 3 and last 3 in range are:

SCCID	Disp Node IDs	SCC size	min-lat	max-lat	min-lon	max-lon	Wolf Count	Wolf Details															
612	m11p54_56p722_322630_32263, m11p458_56p700_322638_32263, m11p474_56p706_322618_32261, ..., m11p467_56p703_322618_32261, m11p516_56p711_322618_32261, m11p467_56p696_322638_32263	110	56.663	56.760	-111.695	-111.391	2	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>322618_32261</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr><tr><td>322638_32263</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown	322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
619	m11p552_56p687_322638_32263, m11p531_56p684_322618_32261, m11p527_56p684_322638_32263, ..., m11p427_56p707_322618_32261, m11p473_56p696_322618_32261, m11p528_56p708	35	56.680	56.761	-111.588	-111.427	2	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>322618_32261</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr><tr><td>322638_32263</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown	322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
322618_32261	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
322638_32263	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
686	m11p87_57p064_33670_33670, m11p85_56p944_33670_33670, m11p871_56p983, ..., m11p887_56p946_33670_33670, m11p176_56p984_33670_33670, m11p906_57p008_33670_33670	26	56.907	57.064	-112.227	-111.817	2	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32259_32259</td><td>m</td><td>AD</td><td>McKay Pack</td><td>body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent</td></tr><tr><td>33670_33670</td><td>Unknown</td><td>AD</td><td>McKay Pack</td><td>body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32259_32259	m	AD	McKay Pack	body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent	33670_33670	Unknown	AD	McKay Pack	body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
32259_32259	m	AD	McKay Pack	body length 167 cm; chest girth 79 cm; body condition Excellent																			
33670_33670	Unknown	AD	McKay Pack	body length 144 cm; chest girth 84 cm; body condition Very Good																			
272	m11p596_57p698_32254_32254	1	57.698	57.698	-111.596	-111.596	1	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32254_32254</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32254_32254	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
32254_32254	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
273	m11p593_57p716_32254_32254	1	57.716	57.716	-111.593	-111.593	1	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32254_32254</td><td>Unknown</td><td>Unknown</td><td>City Pack</td><td>Unknown</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32254_32254	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
32254_32254	Unknown	Unknown	City Pack	Unknown																			
794	m11p2_56p529_32255_32255	1	56.529	56.529	-112.200	-112.200	1	<table><tr><th>individual-id</th><th>animal-sex</th><th>animal-life-stage</th><th>study-site</th><th>deployment-comments</th></tr><tr><td>32255_32255</td><td>f</td><td>AD</td><td>Grand Rapids Pack</td><td>body length 147 cm; chest girth 66 cm; body condition Excellent</td></tr></table>	individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments	32255_32255	f	AD	Grand Rapids Pack	body length 147 cm; chest girth 66 cm; body condition Excellent					
individual-id	animal-sex	animal-life-stage	study-site	deployment-comments																			
32255_32255	f	AD	Grand Rapids Pack	body length 147 cm; chest girth 66 cm; body condition Excellent																			

Camino más extensos identificados dentro de cada uno de los territorios:

```
+++ The Longest Paths (LP) possible in the SCC are: +++
There are '795' SCC in the graph.
The first 3 and last 3 in range are:
```

SCCID	SCC size	min-lat	max-lat	min-lon	max-lon	LP Node count	LP Edges count	LP distance [km]	LP Disp details
612	110	56.663	56.760	-111.695	-111.391	93	92	307.644	m111p468_56p706, m111p468_56p706_32263B_32263, m111p521_56p746_32263B_32263, ... , m111p428_56p721_32263B_32263, m111p474_56p706_32263B_32263, m111p474_56p706
619	35	56.680	56.761	-111.580	-111.427	31	30	102.114	m111p558_56p686_32261B_32261, m111p464_56p707_32261B_32261, m111p528_56p708_32261B_32261, ... , m111p527_56p684_32263B_32263, m111p431_56p706_32263B_32263, m111p431_56p706
686	26	56.907	57.064	-112.227	-111.817	26	25	165.589	m111p822_57p051_33670_33670, m111p87_57p064_33670_33670, m111p86_57p042_33670_33670, ... , m112p227_56p932_32259_32259, m111p871_56p983_32259_32259, m111p871_56p983
272	1	57.698	57.698	-111.596	-111.596	0	0	0.000	
273	1	57.716	57.716	-111.593	-111.593	0	0	0.000	
794	1	56.529	56.529	-112.200	-112.200	0	0	0.000	

Requerimiento No. 8 (Bono Grupal): Graficar resultados para cada uno de los requerimientos

Como biólogo conservacionista **deseo** representar visualmente todos los requerimientos de la aplicación. Para facilitar el análisis e interpretación de resultados a otros expertos y exponer mis hallazgos.

Se otorgará bono a los equipos de trabajo que grafiquen los resultados de los requerimientos obligatorios enunciados (del primer al séptimo) con recursos multimedia e interfaz gráfica.

- **BÁSICO**
 - REQ. 1: Planear una posible ruta entre dos puntos de encuentro (G).
 - REQ. 2: Planear una ruta con menos paradas entre dos puntos de encuentro (G).
- **INTERMEDIO**
 - REQ. 3: Reconocer los territorios habitados por distintas manadas (I).
 - REQ. 4: Identificar el camino más corto entre dos puntos del hábitat (I).
 - REQ. 5: Reconocer los corredores migratorios comunes desde un punto de encuentro (i).
- **AVANZADO**
 - REQ. 6: Identificar diferencias de movilidad entre tipos de miembros de la manada (G).
 - REQ. 7: Identificar cambios en el territorio de las manadas según condiciones climáticas (G).

Para completar este requerimiento recomendamos utilizar la librería por extensión de Python llamada “folium” que se puede instalar en su ambiente por medio del comando “**pip install folium**”.

Para más información sobre esta librería dirigirse a los siguientes enlaces:

- Enlace oficial de PYPI, URL: <https://pypi.org/project/folium/>
- Enlace oficial de la librería, URL: <https://github.com/python-visualization/folium>
- Enlace al tutorial de la Librería. URL: <https://python-visualization.github.io/folium/quickstart.html>

Parte 4: Análisis de resultados

Dentro del proyecto debe incluir un documento en la carpeta **Docs** en formato **PDF** donde se evidencie el análisis de complejidad, las pruebas de tiempos de ejecución y de memoria utiliza para cada requerimiento. Se sugiere que el documento tenga la siguiente distribución del contenido:

- Nombres, código y correo Uniandes de los integrantes del grupo.
- Para los requerimientos individuales se debe indicar que estudiante del equipo lo realizó.
- Un diagrama de las estructuras de datos que usó para resolver los diferentes requerimientos y que se crean al realizar la carga de datos.
- Descripción de las funciones y código implementado en la carga de datos y en cada uno de los requerimientos (incluye el bono si aplica).
- Análisis de complejidad temporal de cada uno de los requerimientos en **Notación O** (incluye el bono si aplica).
- Pruebas de tiempos de ejecución para cada uno de los requerimientos. En estas pruebas se deben incluir:
 - las tablas de tiempos de ejecución registrados para los requerimientos del 1 al 7 (incluye el bono si aplica).

- Graficas de los tiempos de ejecución registrados para los requerimientos del 1 al 7 (incluye el bono si aplica).
- Un análisis de resultados comparándolo con la estimación en **Notación O**.

Recomendaciones:

- Tomen como guía las herramientas, metodología y análisis realizados en los laboratorios; en especial los laboratorios 4 y 5.
- Ejecute las pruebas de los requerimientos siempre con los mismos parámetros de entrada y con los archivos más grande que pueda procesar su computador.
- Ejecute las pruebas de los requerimientos con la configuración optima del catálogo (LINKED_LIST, ARRAY_LIST, PROBING, CHAINING) y los algoritmos de ordenamiento (Shell, Insertion, Merge, etc.).

Recomendaciones para la Entrega

Para realizar la entrega del reto deben:

1. Agregar los usuarios de los monitores y profesores del curso a su organización de GitHub para hacer la entrega adecuada de la actividad,
2. Dar permisos adecuados repositorio a los monitores y al profesor, de lo contrario el taller **NO** podrá ser calificado,
3. Asegurarse que la visibilidad del repositorio entregado sea **privada** y que solo pueda accederse con los permisos configurados para los integrantes del grupo,
4. Enviar el enlace de GitHub en la actividad correspondiente dentro de Bloque Neón Uniandes (BrightSpace).
5. Incluir en el repositorio GIT todo el material, código y documentos solicitados durante la actividad.

IMPORTANTE: Recuerde que solo se calificará el material hasta el último **COMMIT** realizado previo a la fecha/horas definidas en la sección **Fecha Límite de Entrega**.