

支援訓練語句分析與擴增之 Web API 對話機器人生成機制

Web-API-Based Chatbot Generation with Analysis and Expansion for Training Sentences

王聖凱 (Sheng-Kai Wang)

國立臺灣海洋大學 /
202 基隆市中正區北寧路 2 號
nssh94879487@gmail.com

游婉琳 (Wan-Lin You)

國立臺灣海洋大學 /
202 基隆市中正區北寧路 2 號
gn01868184@gmail.com

馬尚彬 (Shang-Pin Ma)

國立臺灣海洋大學 /
202 基隆市中正區北寧路 2 號
albert@ntou.edu.tw

摘要

對話機器人 (Chatbot) 是近年來受到廣泛歡迎的新穎技術，在 Web API 技術日趨成熟的趨勢下，如何結合 Web API 與 Chatbot 技術也開始成為備受關注的議題。本研究規劃建立一個可基於 Web API 生成 Chatbot 之半自動化方法 BOTEN 及其實作平台，透過此方法，可協助應用程式開發者快速建置出指定 Web API 的 Chatbot 介面。為了確保 Chatbot 具備足夠的自然語言理解 (Natural Language Understanding, NLU) 能力，本研究透過 TF-IDF、WordNet 與 SpaCy 技術評估開發者撰寫的訓練語句，對品質不佳的訓練語句提出警訊，以提供訓練語句修改之建議；此外，本研究亦提出一個自動擴增訓練語句數量之方法，以進一步提升 Chatbot 的意圖辨識能力。

Abstract

With Web API technology becoming increasingly mature, how to integrate Web API and Chatbot technology has become an issue of great interest. This study plans to build a semi-automatic method and tool, BOTEN. This method allows application developers to build Chatbot interfaces with specified Web APIs quickly. To ensure that the Chatbot has sufficient natural language understanding (NLU) capability, this research evaluates the training sentences written by the developer through TF-IDF, WordNet, and SpaCy techniques, and suggests the developer modify the training sentences with poor quality. This technique can also be used to automatically increase the number of training sentences to improve the capability of Intent recognition.

關鍵字：對話機器人、Web API、Rasa、WordNet、SpaCy

Keywords: Chatbot, Web API, Rasa, WordNet, SpaCy

1 緒論

對話機器人 (Chatbot) 利用電腦程式模擬真人來與使用者互動，並透過通訊平台等介面讓使用者可以用文字或語音與其進行交談，也會搭配自然語言處理來幫助對話機器人判斷使用者意圖、實體，其應用包括電子商務、客戶服務、內容宣傳、推播通知、個人助理等 (Brandtzaeg & Følstad, 2017)。目前許多企業都開始使用對話機器人於實際的營運上，典型案例包含協助處理飯店客戶問題的機器人 (Michaud, 2018)、可協助團隊管理的機器人 (Toxtli, Monroy-Hernández, & Cranshaw, 2018)、以及作為特定領域之推薦專家的機器人 (Cerezo, Kubelka, Robbes, & Bergel, 2019) 等，在應用上相當多元。

另一方面，在 Web API 技術日趨成熟的趨勢下，越來越多的公司將自身服務包裝為 Web API，以提供給第三方開發者進行應用開發及服務整合，而延續此技術趨勢，如何結合 Web API 與 Chatbot 技術也開始成為備受關注的議題。根據 Stackoverflow 的研究調查 (Abdellatif, Costa, Badran, Abdalkareem, & Shihab, 2020)，開發者對於 Integration 類型的問題最為重視，特別是 Chatbot 與 Web API 之整合。在先前相關的研究上，Vaziri 等學者開發了 SwaggerBot (Vaziri, Mandel, Shinnar, Siméon, & Hirzel, 2017)，欲試圖解決上述之議題，SwaggerBot 是一個利用 OpenAPI 規範加入擴充規範後，透過編譯器生成的 Chatbot，Web API 之開發者只要能提供具備完整規範的

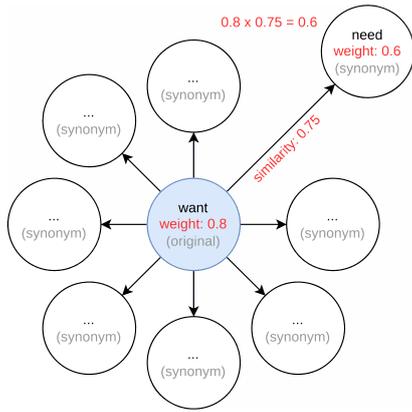


圖 3. WordNet 擴增同義詞的權重計算方式

由於 Chatbot 的訓練語句長度通常較短，有可能發生兩句雖然意思相近，但卻因為剛好沒有出現相同的詞語，導致計算出的餘弦相似度仍然偏低的情況，為此本研究提出兩種改善方法：(1) 透過 WordNet 技術以查字典的方式，找出所有訓練語句所用詞語的同義詞，並將這些同義詞也加到語料庫索引中，利用 SpaCy 技術計算同義詞與原始詞語間的相似度，以原始詞語的權重值乘上同義詞與原始詞語間的相似度，作為該同義詞在語料庫索引中的權重值，如圖 3 所示。我們將這些同義詞也視作原始詞語所屬句子的詞語，重新計算所有訓練語句間的相似度。(2) 除了透過 TF-IDF 得到的權重值計算句子間的餘弦相似度，同時也利用 SpaCy 計算句子間的相似度，由於兩種計算方式的語料庫 (Corpus) 不同，故計算出的相似度也會不同，因此便得到了兩句間的兩種不同的相似度數值，再將這兩個數值以特定比率加權計算，作為兩句間的加權相似度。

透過同時使用上述兩種相似度計算方式，目前本系統已經能準確評估訓練語句間的相似度 (Coupling)，並對相似度過高但卻屬於不同 Intent 的句子提出警訊。BOTEN 對於高相似度的判斷方式如圖 4 所示，所有的句子輪流當作基準句 (圖 4 以句子 2-1 作為基準句)，讓自己以及其他句子與基準句比較並計算相似度，基準句自身與自身的相似度則為 1.0；取得所有相似度數值後，將相同 Intent 的句子相似度相加，並比較這些相加後的數值，若有 Intent 相似度相加後的數值大於基準句所屬 Intent 的數值，則將該 Intent 相加前最大的相似度數值，所屬的語句視為相似度過高的句子。透過此方法既能保留相同 Intent 之下語句

的自由度，又能找出相似度過高的句子，不論相同 Intent 之下的語句如何變化，只要其相似度的總和不要大於基準句 Intent 的相似度總和即可。關於 WordNet 尋找同義詞的標準，兩種句子相似度計算方式的權重比率，以及此方法有效性的驗證，會在後續實驗章節中說明。

	A	B	C	D
1	based on 2-1 of case6	2-1 is too similar to 1-3		
2				
3	intent - sentence number	sentence	similarity	sum
4	1-1	I want to get information about venues	0.5266195	
5	1-2	Get attractions explore	0.6880899	step.3
6	1-3	I want to get the venues	0.7894299	
7	2-1	I want to get explore about venues	1.0000000	step.2
8	2-2	Get explore of attractions	0.6942862	step.1
9	2-3	Search for attractions	0.2129945	
10	3-1	I want to get tips about venues	0.5754928	
11	3-2	Get tips of attractions	0.2672742	1.6865370
12	3-3	get explore about venues	0.8437694	
13	4-1	I want to get hours about venues	0.5734294	
14	4-2	Get opening time of attractions	0.2750190	1.0502737
15	4-3	Attraction opening hours	0.2018253	
16	5-1	I want to get next venues	0.6137682	
17	5-2	Get next attractions	0.2778281	1.2050529
18	5-3	see next venues	0.3134566	
19				
20				

圖 4. 語句相似度過高之判斷方式

3.4 訓練語句擴充機制

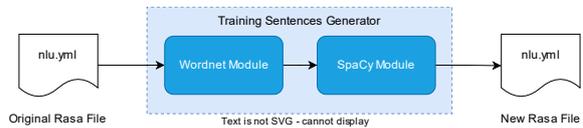


圖 5. 訓練語句擴充機制

除了 BOTEN 核心功能之外，我們亦提出了一個專門用於生成 Rasa 訓練語句的服務，透過 BOTEN 串接此服務，開發者能做到 Rasa 訓練語句的擴充，其內部機制可分為 WordNet Module 與 SpaCy Module 兩部份，如圖 5 所示。

為了將訓練語句中比較有意義的詞彙進行擴充，我們使用 WordNet 的 wup_similarity (Gupta_OMG, 2022) 相似度演算法進行擴充後新的句子與原句的比較，其全名為 Wu-Palmer Similarity，它根據同義詞在上位詞樹中相對於彼此的位置來計算相似度，LCS (Least Common Subsumer) ("Sample usage for wordnet,") 為分類樹中最深的共同祖先，depth 則是指在分類樹中的深度，其計算公式如下：

$$Wup_{similarity}(w1, w2) = 2 * \frac{depth(lcs(w1, w2))}{(depth(w1) + depth(w2))} \quad (1)$$

語句擴增的處理流程分為以下步驟：(1) 首先我們將所有的訓練語句進行斷詞，把一個句子切成一個個 Token；(2) 接著我們把每個 Token 詞型還原成 Lemma；(3) 剷除掉不重要的 Stop Word 後，完成擴充前的準備；(4) 利用

WordNet 查詢每個有意義 Token 的同義詞；(5) 透過 wup_similarity 演算法評估查詢到的同義詞與原始的 Token 的相似度，利用笛卡爾乘積交叉比較兩組同義詞的相似度，並計算平均值；(6) 只要平均值高於 0.3 則視為該 Token 的同義詞 (平均值參數取 0.3 的理由會在後續實驗章節說明)；(7) 將這些同義詞與先前剔除掉的 Stop Word 依它們在原始句中的相對位置，將 Stop Word 以外的字詞輪流替換成新生成的同義詞，組合出多句與原句相同意思的同義句。

WordNet 擴充後新生成的眾多語句中會存在與原句意思相差過大的句子，這可能會導致 Rasa 訓練出不準確的模型，因此我們透過 SpaCy 進一步對新生成的句子進行過濾，這會使用到 SpaCy 的相似度演算法，其計算機制如下：(1) 將每個句子斷詞後建立多個 Token 的集合；(2) 透過 Word Embedding 的演算法，由語料庫中的預訓練模型來生成 Word 向量；(3) 計算該句所有詞向量的內積作為其句向量；(4) 比較句子向量間的 Cosine 相似度，其計算公式如下：

$$SpaCy_{similarity}(s1, s2) = \frac{s1 \cdot s2}{\|s1\| \times \|s2\|} \quad (2)$$

在使用上可分為以下步驟：(1) 把所有新生成的句子與原句逐一比較相似度，(2) 最後保留相似度大於 0.7 的句子寫回 nlu.yml 當作訓練語句，完成擴充 (相似度參數取 0.7 的理由，將在後續實驗章節說明)。

4 案例與實驗

4.1 實驗說明

本實驗所使用的 Web API 主要來源是 APIs.guru，此為開源的 OAS 儲存庫，目前已經發佈了大量的 Swagger 文件 (Web API 描述文件)。實驗準備期間我們基於現有的 Swagger 文件將其擴增為 BotSwagger，接著我們會將撰寫好的 BotSwagger 文件上傳至 BOTEN，以進行後續實驗。

4.2 實驗目標

本實驗分為三個部份：

- **BOTEN 可行性分析：**為能評估 BOTEN 核心功能是否實際可行與有效，我們進

行了 11 個案例實驗，在此我們以其中 2 個最具代表性的案例進行說明。

- **語句 Coupling 分析之參數設定實驗：**為能於 BotSwagger 訓練語句品質之 Coupling 評估時，能找出最適合的評估方法及指標，我們進行了 BotSwagger Preprocessing 相關實驗。
- **語句擴充方法參數設定與有效度實驗：**擴充 Rasa 訓練語句時，為了找出最適合的相似度參數，我們進行了一系列實驗，以評估擴充語句後 Rasa 訓練模型與真人的 Intent 分類判斷是否一致。

4.3 BOTEN 可行性分析

- **實驗案例 E1 – Foursquare:** 實驗 E1 使用 Foursquare 的景點推薦服務，使用者能透過評論定位地點來獲取獎勵。此實驗使用了所有 BOTEN 提供之擴充功能，包括設定故事性的流程，搜尋推薦景點後查詢此景點的開放時間和介紹等、提供預設參數和自動取得地理位置功能，使用者也可直接使用開發者所提供的 Client ID 來使用服務，並根據 Html5 Geolocation API 自動取得經緯度，將經緯度直接填入參數，此實驗測試了完整的 BOTEN 功能。
- **實驗案例 E2 – The Movie Database:** 實驗 E2 使用 The Movie Database 的電影推薦服務，The Movie Database 為一個電影相關資料庫，其包含電影、演員、電視節目等。此實驗設定了一個故事的流程，在搜尋熱門電影後查詢電影的詳細資訊，且使用預設參數，使用者無需申請 API key 即可使用此對話機器人。

表 1 為所有實驗運用到的 BOTEN 功能與其結果，顯示「Yes」的部分為開發者有運用到的 BOTEN 功能，顯示「N/A」的部分則是沒有運用到的 BOTEN 功能，目前分析項目不包含版本控制等通用功能。本研究的實驗案例皆成功整合了 Web API 與 Chatbot，能更便利地建置以提供 API 服務為目標之對話機器人，使用者也能方便地使用 API 服務。

驗證之功能特性	實驗 E1	實驗 E2
多個服務串接	Yes	Yes
自動取得地理位置	Yes	N/A
使用預設參數	Yes	Yes
使用 Regex	Yes	Yes
使用 JSON Path 呈現表格	Yes	Yes

表 1. 案例實驗結果分析

4.4 語句 Coupling 分析之參數設定實驗

本階段實驗以前階段之實驗案例作為參考案例，並為他們各自撰寫了一份品質良好的 BotSwagger。在 BotSwagger 轉換階段，會對開發者輸入的 BotSwagger 進行一系列驗證，評估 Chatbot 訓練語句的品質。若出現不同意圖之下的訓練語句意思過於相近，會回傳警訊訊息，一則訊息就代表一對過於相近的句子，本研究透過計算警告訊息的數量來評估實驗結果，期望品質良好的 BotSwagger 能夠完全不出現警告訊息，若出現警告訊息則視為假警報 (False Negative)。

由於 Chatbot 的訓練語句通常長度較短，單純使用 TF-IDF 效果不佳，所以本研究提出兩種改善方法，其一是透過 WordNet 對原始的語句擴充，增加彼此出現相同詞語的機會，其二是同時使用 SpaCy 計算句子相似度，而後再與先前計算的句子相似度加權計算。為使用這兩種方法，我們透過以下實驗找出以下參數：(1) WordNet 生成同義詞的判斷標準，以及 (2) TF-IDF 相似度與 SpaCy 相似度的加權比率。

- **實驗 P1 - WordNet 同義詞:** 本實驗的目的為 WordNet 生成同義詞的階段，試圖找出相似度演算法參數的最佳解。使用 WordNet 生成訓練語句詞語的同義詞時，為了生成與原始詞語意思足夠相近的同義詞，可以使用 wup_similarity 演算法或是 SpaCy 演算法計算原始詞語與同義詞的相似度，並得到介於 0 到 1 之間的相似度數值，我們以 0.1 為單位，將 0.0 至 1.0 的每個刻度作為參數，當相似度數值

大於參數時，就把該同義詞視作原始句子的詞語，加入語料庫索引計算權重。

- **實驗 P2 - TF-IDF 與 SpaCy 加權比率:** 本實驗的目的為找出 TF-IDF 與 SpaCy 兩種句子相似度演算法，能得到最佳結果的加權比率。我們以 TF-IDF 比 SpaCy 比率為 1:1、2:1、1:2 三種比率分別測試，將能得到最少假警報的比率作為實驗結果。

實驗 P1 的結果發現，不論相似度參數為何，SpaCy 演算法的假警報數量普遍少於 wup_similarity 演算法，且計算時間較短，故本研究以 SpaCy 作為 BotSwagger 轉換階段，WordNet 生成同義詞的判別依據。另外還從結果觀察到，在相似度參數大於 0.6 之後，便不再出現假警報。

實驗 P2 的結果如表 2 所示，案例 E1 在相似度參數為 0.8 時，能得到最好的結果，不論 TF-IDF 與 SpaCy 的加權比率為何，皆不會產生假警報，故我們取 0.8 作為相似度參數。接著，在案例 E2 則可以發現將相似度參數設為 0.8 時，TF-IDF 比 SpaCy 比率 2:1 的實驗結果最好，只有出現一則假警報，故我們取 2:1 作為加權比率。

Similarity	案例 E1			案例 E2		
	1:1	1:2	2:1	1:1	1:2	2:1
0.0	11	9	11	5	4	4
0.1	10	11	13	5	4	4
0.2	9	9	12	2	1	2
0.3	7	5	10	4	3	4
0.4	3	3	5	1	1	1
0.5	1	1	2	2	2	2
0.6	0	0	1	3	3	2
0.7	0	0	1	3	3	3
0.8	0	0	0	3	3	1
0.9	0	0	1	2	3	1
1.0	0	0	1	2	3	1

表 2. TF-IDF 與 SpaCy 加權比率實驗假警報數

4.5 語句擴充方法參數設定與有效度實驗

本階段實驗比較擴充訓練語句後所獲得的訓練模型之 Confidence，試圖找出各項變因的最佳組合(可得到最高的 Confidence)。同時我們請三位平常有 Chatbot 使用經驗的使用者協助實驗，請他們決定訓練語句對應的正確 Intent 為何，並以多數決作為正確答案，評估 Rasa 模型的判斷是否正確。接著將此案例得到的各項變因組合，套用到實驗 E2 案例中，驗證是否同樣能提昇自然語言理解能力。最後我們結合前階段 BotSwagger Preprocessing 實驗，整合所有的實驗結果，驗證是否能訓練出具備良好 NLU 能力的 Chatbot。

- **實驗 C1 - WordNet:** 本實驗目的為測試擴充語句的 WordNet 階段，試圖找出相似度演算法參數的最佳解。作法同實驗 P1，最後以能得到最佳 Confidence 的參數為實驗結果。
- **實驗 C2 - Stop Words and Lemmatisation:** 本實驗目的為測試擴充語句的前處理階段，去除原始句子的 Stop Words，並將 Token 進行詞型還原，判斷是否能提昇模型訓練結果的 Confidence，並根據結果對最佳相似度參數進行調整。
- **實驗 C3 - SpaCy:** 本實驗目的為測試擴充語句的 SpaCy 階段，試圖找出相似度演算法參數的最佳解。將前兩次實驗的結果作為參數代入本次實驗，生成新的句子後，將原句與新生成的句子逐一比較其相似度，過濾掉部份意思相差過遠的句子。作法同實驗 P1，將能得到最佳 Confidence 的參數作為實驗結果。
- **實驗 C4 - 案例 E2 擴充語句:** 將前三次實驗的結果代入本實驗，測試在不同的案例中，同樣的相似度參數是否也能提昇 Confidence，並以真人判斷當作答案，比較 Rasa 模型的判斷與真人是否相同。

本階段實驗結果如表 3、表 4 及表 5 所示，參數 0.1、0.2 及顯示為「N/A」的實驗，係因為擴充語句或著訓練模型時間過長而無法完成的實驗，其餘部份「c」(correct) 代表 Intent 判斷正確且 Confidence 高於 0.9，「a」(acceptable) 代表 Intent 雖然判斷正確，但是 Confidence 低於 0.9，至於 Intent 判斷錯誤的情

況，以「i」(incorrect) 表示，最後我們將表格中最佳的結果用粗體表示。

實驗	Original	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
實驗 C1	4c 1a 5i	N/A	6c 1a 3i	5c 1a 4i	4c 0a 6i	5c 0a 5i	4c 2a 4i	4c 1a 5i
實驗 C2	4c 1a 5i	9c 0a 1i	7c 1a 2i	7c 1a 2i	7c 1a 2i	3c 4a 3i	6c 2a 2i	5c 3a 2i
實驗 C3	4c 1a 5i	8c 0a 2i	8c 0a 2i	8c 0a 2i	7c 2a 1i	10c 0a 0i	7c 1a 2i	9c 0a 1i

表 3. Confidence 參數比較

實驗	結果
實驗 C4 - 擴充前	1c 5a 4i
實驗 C4 - 擴充後	10c 0a 0i

表 4. 案例 E2 擴充語句前後比較

根據實驗 C1 的結果，我們發現 WordNet 的 wup_similarity 演算法在相似度設為 0.4 時結果最好，所以將這個結果與實驗 C2 比較，此時卻發現在移除 Stop Word 與詞型還原的情況下，相似度若設為 0.3，Confidence 能有更好的表現，於是我們將這個結果代入下一次實驗。接著到了實驗 C3，若 SpaCy 相似度參數設為 0.7，則 Confidence 能有最好的表現，所有 Intent 皆判斷正確，由此得知 WordNet wup_similarity 參數設為 0.3，SpaCy 參數設為 0.7，為本階段實驗的最佳解。

透過實驗 C4，我們發現在其他案例，擴充語句同樣能夠有效提升 Confidence 表現，避免 Intent 判斷錯誤。

4.6 語句 Coupling 分析與擴充語句機制整合實驗

最後，我們對已整合語句 Coupling 分析與擴充語句機制之 Chatbot 進行整合驗證，對於三個案例(E1, E2, 以及另一個案例 E3: Graph Hopper Direction API) 執行完整的 Chatbot 生成流程，

以驗證是否真的能生成具備良好 NLU 能力的 Chatbot。

● **實驗案例 E3 – Graph Hopper Direction**

API: 實驗案例 E3 為一路線規畫服務，此外還能判斷使用者的所在地以及給定時間內能到達的地方。本研究替以上三種不同服務的呼叫端點，各自撰寫訓練語句，並透過語句 Coupling 分析的建議，改善訓練語句的內容，接著進一步透過 WordNet 擴充語句，實驗是否能增加 Chatbot 的 NLU 能力。

此實驗的結果如表 5 所示。從三個案例的實驗結果可得知，透過語句 Coupling 分析進而改善之語句 (改善語句相似度過高問題) 皆能有效提高問答正確率，而透過案例 E2 及 E3 則可發現，透過 WordNet 擴充語句，能夠更進一步提高問答準確率，建立起 NLU 能力更佳的 Chatbot。

案例	原始之語句、未擴充	原始之語句、有擴充	改善之語句、未擴充	改善之語句、有擴充
案例 E1	2c 0a 3i	2c 0a 3i	4c 1a 0i	4c 1a 0i
案例 E2	0c 3a 2i	3c 0a 2i	4c 0a 1i	5c 0a 0i
案例 E3	2c 0a 2i	3c 0a 1i	3c 0a 1i	4c 0a 0i

表 5. 整合實驗結果

5 結論與未來研究方向

本研究提出了一個基於 Web API 之半自動化對話機器人生成機制：BOTEN，可協助應用程式開發者快速建置出指定 Web API 的 Chatbot 介面。實驗展示了 BOTEN 核心系統功能均有成功實現、自然語言理解能力亦有有效的提升。

未來我們規劃進行兩個改善方向：(1) 優化 API Chatbot 之使用流程，讓使用者可以詢問先前填入了哪些參數，以提升使用便利性。此機制將由系統以自動化的方式提供，無需開發者特別撰寫此意圖的訓練語句。(2) 規劃更豐富的 API 回應資料之呈現方式，除了現有的表格形式，規劃提供包含超連結、圖片、影片等豐富資料之回覆結果。

參考文獻

Abdellatif, A., Costa, D., Badran, K., Abdalkareem, R., & Shihab, E. (2020). *Challenges in chatbot development: A study of stack overflow posts*. Paper presented at the Proceedings of the 17th international conference on mining software repositories.

Bocklisch, T., Faulkner, J., Pawlowski, N., & Nichol, A. J. a. p. a. (2017). Rasa: Open source language understanding and dialogue management.

Brandtzaeg, P. B., & Følstad, A. (2017). *Why people use chatbots*. Paper presented at the International conference on internet science.

Cerezo, J., Kubelka, J., Robbes, R., & Bergel, A. (2019). *Building an expert recommender chatbot*. Paper presented at the 2019 IEEE/ACM 1st International Workshop on Bots in Software Engineering (BotSE).

Chitto, P., Baez, M., Daniel, F., & Benatallah, B. (2020). *Automatic generation of chatbots for conversational web browsing*. Paper presented at the International Conference on Conceptual Modeling.

Daniel, G., Cabot, J., Deruelle, L., & Derras, M. J. I. A. (2020). Xatkit: a multimodal low-code chatbot development framework. 8, 15332-15346.

Gupta_OMG, M. (2022). NLP | WuPalmer – WordNet Similarity. Retrieved from <https://www.geeksforgeeks.org/nlp-wupalmer-wordnet-similarity/>

Josikakar. (2021). Software Engineering | Coupling and Cohesion. Retrieved from <https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-coupling-and-cohesion/>

Michaud, L. N. J. I. P. (2018). Observations of a new chatbot: drawing conclusions from early interactions with users. 20(5), 40-47.

OpenAPI Specification. (2021). Retrieved from <https://github.com/OAI/OpenAPI-Specification/blob/main/versions/3.1.0.md>

Pérez-Soler, S., Guerra, E., & Lara, J. d. (2020). *Model-driven chatbot development*. Paper presented at the International Conference on Conceptual Modeling.

riturajsaha. (2022). Understanding TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency). Retrieved from

<https://www.geeksforgeeks.org/understanding-tf-idf-term-frequency-inverse-document-frequency/>

Sample usage for wordnet. Retrieved from <https://www.nltk.org/howto/wordnet.html>

Schmidt, D. C. J. C.-I. C. S.-. (2006). Model-driven engineering. *39*(2), 25.

Telang, P. R., Kalia, A. K., Vukovic, M., Pandita, R., & Singh, M. P. J. I. I. C. (2018). A conceptual framework for engineering chatbots. *22*(6), 54-59.

Toxtli, C., Monroy-Hernández, A., & Cranshaw, J. (2018). *Understanding chatbot-mediated task management*. Paper presented at the Proceedings of the 2018 CHI conference on human factors in computing systems.

Vaziri, M., Mandel, L., Shinnar, A., Siméon, J., & Hirzel, M. (2017). *Generating chat bots from web API specifications*. Paper presented at the Proceedings of the 2017 ACM SIGPLAN international symposium on new ideas, new paradigms, and reflections on programming and software.

What is WordNet? Retrieved from <https://wordnet.princeton.edu/>

Word vectors and semantic similarity. Retrieved from <https://spacy.io/usage/linguistic-features#vectors-similarity>